PM4WAT

Il libro sulla Manutenzione Preventiva per le reti distribuzione idrica

Finanziato da Lifelong Learning Programme
Leonardo da Vinci Multilateral Projects

Accordo N°: 2009-2171/001-001
Progetto N°: 502419-LLP-1-2009-1-GR-LEONARDO-LMP

Deliverable number - version	*D9.2*
Deliverable name:	*Courseware Italiano*
Dissemination level:	*Public*
Delivery Date:	*30/09/2011*

Contact Information

Anna Stathaki (stathaki@cti.gr)
Computer Technology Institute & Press
10 Davaki str, 115 26 Athens, GREECE
Tel. +30210 6930700
Fax. +30210 6930750

Il presente progetto è finanziato con il sostegno della Commissione europea.
L'autore è il solo responsabile di questa pubblicazione e la Commissione declina ogni responsabilità sull'uso che potrà essere fatto delle informazioni in essa contenute.

Indice

1 LE RETI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO URBANO 8

1.1 (U.D. 1) LA RISORSA IDRICA 8
1.1.1 La distribuzione dell'acqua 8
1.1.2 Le acque superficiali 9
1.1.3 I flussi sub-superficiali 9
1.1.4 Le acque sotterranee 10
1.1.5 L'acqua ghiacciata 12
1.1.6 La raccolta dell'acqua piovana 13
1.1.7 Il riutilizzo dell'acqua 14
1.1.8 La desalinizzazione 14
1.2 (U.D. 2) LE RISERVE IDRICHE 15
1.2.1 Le dighe 15
1.2.2 Gli accumuli off-stream 16
1.2.3 I laghi 16
1.2.4 Gli stagni 17
1.2.5 Le riserve idriche sotterranee 17
1.2.6 I serbatoi di regolazione della pressione 18
1.2.7 I serbatoi di compenso 18
1.2.8 I serbatoi pensili 18
1.2.9 I serbatoi domestici 19
1.3 (U.D. 3) LA RETE DI ADDUZIONE 19
1.3.1 Le condotte di adduzione in pressione 19
1.3.2 Canali e vallati 20
1.3.3 Gallerie 20
1.3.4 Il trasporto dell'acqua via nave 20
1.4 (U.D. 4) GLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO 21
1.4.1 Introduzione 21
1.4.2 I processi utilizzati nel trattamento dell'acqua potabile 23
1.4.2.1 Grigliatura grossolana - Stoccaggio 23
1.4.2.2 Grigliatura fine o Microfiltrazione 23
1.4.2.3 Aerazione 23
1.4.2.4 Precipitazione chimica 24
1.4.2.5 Sedimentazione 25
1.4.2.6 Filtrazione 25
1.4.2.7 Regolazione del pH 26
1.4.2.8 Disinfezione 26
1.4.2.9 Addolcimento 28
1.4.2.10 Rimozione dei fanghi 29
1.4.3 La desalinizzazione 30
1.4.3.1 Introduzione 30
1.4.3.2 L'acqua di mare 30
1.4.3.3 I processi di desalinizzazione 31
1.4.3.4 La distillazione multi-fase in flash (MSF) 32
1.4.3.5 La distillazione a multiplo effetto (MED) 32
1.4.3.6 La compressione del vapore (VC) 33
1.4.3.7 L'osmosi inversa (RO) 33
1.4.3.8 La nanofiltrazione (NF) 33
1.4.3.9 L'ultrafiltrazione (UF) 34
1.4.3.10 La microfiltrazione (MF) 34
1.4.3.11 L'elettrodialisi (ED) e l'elettrodialisi inversa (EDR) 34
1.4.3.12 Lo scambio ionico 34
1.4.3.12 Le unità mobili di dissalazione delle acque 35
1.5 (U.D. 5) LE RETI DI DISTRIBUZIONE 35
1.5.1 Introduzione 35
1.5.2 Schemi di distribuzione 36
1.5.3 Le configurazioni del sistema 37
1.5.4 Le derivazioni d'utenza 39

1.6 (U.D. 6) DISPOSITIVI E TECNICHE DI PROTEZIONE 39
1.6.1 Valvole 39
1.6.1.1 Classificazione 39
1.6.1.2 Valvole di intercettazione 40
1.6.1.3 Valvole direzionali 41
1.6.1.4 Valvole regolatrici di livello 43
1.6.1.5 Valvole di sfiato 43
1.6.1.6 Valvole di controllo 45
1.6.2 Idranti antincendio 48
1.6.3 Casse d'aria 50
1.7 (U.D. 7) IMPIANTI D'UTENZA 51
1.7.1 Contatori d'acqua 51
1.7.2 Regolatori di flusso 54

2 LA MAPPATURA DELLE RETI 56

2.1 (U.D. 1) GIS, CAD ED ALTER TECNOLOGIE 56
2.1.1 Progettazione e disegno assistito dall'elaboratore (CAD) 56
2.1.2 Sistemi Informativi Geografici (GIS) 56
2.1.3 Sistemi informativi relativi all'utenza (CIS) 59
2.1.4 Sistemi di supervisione e controllo dei dati (SCADA) 60
2.1.5 Sistemi di gestione delle informazioni di laboratorio (LIMS) 60
2.1.6 Il supporto della tecnologia 60
2.2 (U.D. 2) GLI ATTRIBUTI 64
2.2.1 Tubazioni 65
2.2.1.1 Materiale 65
2.2.1.2 Tipo di giunto 67
2.2.1.3 Diametro 68
2.2.1.4 Lunghezza 68
2.2.1.5 Anno di posa 68
2.2.1.6 Coefficiente di scabrezza 68
2.2.1.7 Portata di progetto 68
2.2.1.8 Rivestimenti 69
2.2.2 Valvole 69
2.2.3 Idranti 70
2.2.4 Pozzi 70
2.2.5 Pompe 71
2.2.6 Accumuli e serbatoi 71
2.2.7 Nodi 72
2.3 (U.D. 3) AGGIORNAMENTO DEL SISTEMA E ASPETTI ORGANIZZATIVI 72
2.4 BIBLIOGRAFIA 74

3 MODELLAZIONE IDRAULICA E ANALISI DEL SISTEMA 77

3.1 (U.D. 1) METODI DI MODELLAZIONE E ANALISI 77
3.1.1 Tipi di flusso 77
3.1.2 Equazione dell'Energia 78
3.1.3 Flusso uniforme – Perdite distribuite 79
3.1.4 Flusso non uniforme - Perdite concentrate 82
3.1.5 Pompe 83
3.1.6 Sistemi aperti, chiusi e misti 84
3.1.7 Il metodo di Hardy-Cross 86
3.1.8 Il metodo di Newton-Raphson 87
3.1.9 Il metodo della Teoria Lineare 89
3.1.10 Modellazione della qualità dell'acqua 90
3.2 (U.D. 2) ESTENDIMENTI E VARIAZIONI NEL SISTEMA 91
3.3 (U.D. 3) SIMULAZIONE DI SCENARI FUTURI 91
3.4 (U.D. 4) DISPONIBILITÀ DI SOFTWARE 92
3.4.1 Introduzione 92
3.4.2 AQUIS 93
3.4.3 EPANET 2.00.12 94
3.4.4 PIPE-FLO 94
3.4.5 SynerGEE® Water 95
3.4.6 WATER CAD – WATER GEMS 95

3.4.7 WATER NETWORKS™ ... *97*
3.5 BIBLIOGRAFIA PRINCIPALE ... 99
APPENDICE ... 100

4 VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL SISTEMA ... 141

4.1 (U.D.1) ACQUA NON CONTABILIZZATA E TIPI DI PERDITE ... 141
4.2 (U.D. 2) INDICATORI DI PRESTAZIONE ... 144
4.3 (U.D. 3) INVECCHIAMENTO DELLE TUBAZIONI ... 148
4.3.1 Tubi di plastica ... 148
4.3.1.1 Invecchiamento delle tubazioni in PE ... 148
4.3.1.2 Invecchiamento delle tubazioni in PVC ... 149
4.3.2 Tubi metallici ... 149
4.3.3 Protezione catodica ... 150
4.3.4 Rivestimenti interni ed esterni ... 151
4.4 (U.D. 4) PERCEZIONE PUBBLICA DELLA QUALITÀ DEL SERVIZIO ... 151
4.4.1 Manifesti ... 152
4.4.2 Escursioni tecniche ... 152
4.4.3 Sondaggi ... 152
4.4.4 Giornate celebrative e concorsi ... 154
4.4.5 Pagine web, presentazioni e video ... 156
4.4.6 Riviste e giornali ... 156
4.5 (U.D. 5) VULNERABILITÀ NEI CONFRONTI DEI RISCHI NATURALI ... 157
4.5.1 Terremoti ... 157
4.5.1.1 Scosse (Deformazioni temporanee del terreno) ... 161
4.5.1.2 Liquefazione e dislocazione laterale ... 162
4.5.1.3 Frane indotte da terremoto ... 163
4.5.2 Alluvioni ... 163
4.5.3 Frane e colate detritiche ... 164
4.6 BIBLIOGRAFIA ... 166

5 CRITERI E OBIETTIVI ... 170

5.1 (U.D. 1) SOSTENIBILITA DELLA RISORSA IDRICA ... 170
5.1.1 Funzionamento continuo e intermittente ... 170
5.1.2 Interruzioni del servizio ... 171
5.1.3 Razionamento ... 171
5.2 (U.D. 2) QUALITÀ DELL'ACQUA ... 171
5.2.1 Requisiti di qualità ... 171
5.2.2 Misurazioni della qualità e requisiti organizzativi ... 173
5.3 (U.D. 3) FABBISOGNI ENERGETICI ... 180
5.3.1 Consumi energetici ... 180
5.3.2 Monitoraggio dei consumi energetici ... 182
5.3.3 Fonti di energia alternative ... 182
5.3.4 Linee guida per il risparmio energetico ... 185
5.4 (U.D. 4) AFFIDABILITÀ ... 185
5.5 (U.D. 5) ROBUSTEZZA ... 186
5.6 (U.D. 6) IMPATTI AMBIENTALI ... 188
5.7 (U.D. 7) MISURE ECONOMICHE E FINANZIARIE ... 193
5.7.1 Valutazione economica dei sistemi di approvvigionamento idrico ... 193
5.7.2 Misure finanziarie per conseguire l'equilibrio economico ... 193
5.7.3 Incentivi economici per il risparmio idrico ... 194
5.8 BIBLIOGRAFIA ... 195
APPENDICE ... 197

6. SCELTE TECNICHE ... 211

6.1. (U.D. 1) GESTIONE REATTIVA E GESTIONE PROATTIVA ... 211
6.2. (U.D. 2) GESTIONE DELLA PRESSIONE ... 212
6.2.1. Benefici derivanti dalla gestione delle pressioni ... 213
6.2.2. Gestione delle pressioni e consumi misurati ... 213
6.2.3. Relazioni tra pressione e portata delle perdite – il concetto FAVAD ... 214
6.2.4. Individuare le opportunità di Gestione delle pressioni ... 215
6.2.5. Valvole di Riduzione della Pressione (PRV) ... 217

6.2.6. Tre forme comuni di controllo della pressione ... *217*
6.2.7. Punto Medio di Zona (AZP, Average Zone Point) ... *217*
6.2.8. Fattore notte-giorno (NDF, Night-Day Factor) ... *218*
6.3. (U.D. 3) INDIVIDUAZIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE PERDITE ... 220
6.3.1. Ricerca perdite ... *220*
6.3.1. Tecniche di localizzazione acustica delle perdite ... *226*
6.3.3. Tecniche non acustiche di localizzazione delle perdite ... *234*
6.3.4. Localizzazione delle perdite nei tronchi di adduzione ... *235*
6.4. (U.D. 4) SOSTITUZIONE DI TUBAZIONI E ACCESSORI ... 236
6.4.1. Norme regolamentari del DIMP ... *236*
6.4.2. Criteri di sostituzione ... *237*
6.4.3. Classificazione e priorità ... *238*
6.4.4. Tempistiche di intervento ... *238*
6.4.5. Collaborazione con le amministrazioni locali ... *238*
6.4.6. Standard di progetto e di costruzione ... *239*
6.4.7. Risorse programmatiche ... *239*
6.4.8. Piano di comunicazione relativo al programma ... *240*
6.5. (U.D. 5) SVILUPPO ORGANIZZATIVO ... 240
6.5.1. Organizzazione della gestione dei beni ... *240*
6.5.2. Casi studio ... *241*
6.6. (U.D. 6) SVILUPPO OPERATIVO ... 243
6.6.1. Valutazione delle condizioni ... *244*
6.6.2. Conseguenze delle rotture ... *245*
6.7. (U.D. 7) MONITORAGGIO E AUTOMAZIONE ... 250
6.7.1. L'architettura del sistema SCADA ... *250*
6.7.2. Funzioni del Sistema SCADA in un sistema di distribuzione idrica ... *251*
6.8 BIBLIOGRAFIA ... 254

7. OPZIONI SOCIALI ... 256

7.1 (U.D. 1) CAMPAGNE INFORMATIVE ... 256
7.1.1 Organizzazione di campagne informative stagionali ed occasionali ... *256*
7.1.2 Preparazione di opuscoli, messaggi, annunci ... *258*
7.2 (U.D. 2) PROGRAMMI EDUCATIVI ... 259
7.2.1 Organizzazione di programmi educativi per addetti, ONG e persone interessate ... *259*
7.3 (U.D. 3) POLITICHE TARIFFARIE ... 260
7.3.1 Razionalizzazione delle politiche tariffarie ... *260*
7.3.2 Politiche tariffarie a supporto delle classi più deboli ... *260*
7.3.3 Politiche tariffarie specifiche per le varie tipologie di fornitura (es. industria, turismo, attività commerciali, enti pubblici) ... *260*
7.3.4 Bonus e penalità per gli utenti ... *260*
7.4 (U.D. 4) PARTECIPAZIONE PUBBLICA ... 261
7.4.1 Organizzazione di incontri regolari ... *261*
7.4.2 Report di revisione ... *262*
7.4.3 Presentazioni occasionali ... *262*
7.4.4 Fondamenti della partecipazione pubblica ... *263*
7.5 (U.D. 5) AUDIT ESTERNO SULLA QUALITÀ DEI SERVIZI ... 264
7.5.1 Requisiti del'audit (qualità dei servizi e stato del sistema) ... *264*
7.5.2 Specifiche dell'audit esterno ... *265*
7.6 BIBLIOGRAFIA ... 266

8 BUONE PRATICHE ... 268

8.1 U.D. 1. PROCEDURE DI MANUTENZIONE PREVENTIVA ADOTTATE DALLA MULTISERVIZI S.P.A. (A.T.O. N. 2 MARCHE CENTRO – ANCONA) ... 268
8.1.1 Scopi della manutenzione preventiva ... *268*
8.1.2 Elementi coinvolti nella manutenzione preventiva ... *268*
8.1.3 Procedure di manutenzione preventiva ... *269*
8.1.4 Serbatoi ... *269*
Aspetti generali ... 269
Attrezzature impiegate ... 269
Cautele ... 270
Pulizia ... 270

Periodicità ... 270
8.1.5 Misuratori di livello ... 271
8.1.6 Elettropompe turbo ... 271
8.1.7 Impianti di disinfezione ... 272
8.1.8 Cabine elettriche di trasformazione M.T./B.T. ... 272
8.1.9 Gruppi elettrogeni utilizzati nell'ambito del sistema idrico ... 273
8.1.10 Alimentazione elettrica per la protezione catodica ... 274
8.1.11 Valvole di riduzione della pressione ... 274
8.1.12 Uscite per i campionamenti ... 275
8.1.13 Verifica dei contatori ... 276
8.2 U.D. 2. IL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IDRICA DI DENIZLI ... 276
8.2.1 Introduzione al sistema ... 276
8.2.2 Procedure di manutenzione preventiva ... 280
8.2.2.1 Aree di Salvaguardia delle risorse idriche ... 280
8.2.2.2 Prelievi dalle fonti ... 280
8.2.2.3 Serbatoi di accumulo dell'acqua potabile ... 281
8.2.2.4 Pozzi e pompe per acqua potabile ... 281
8.2.2.5 Bacini ... 282
8.8.2.6 Linee di adduzione ... 282
8.2.3 Programma di sostituzione delle condotte ... 283
8.3 U.D. 3. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IDRICA DELLA CITTÀ DI LOS ANGELES ... 286
8.3.1 Fonti di approvvigionamento idrico ... 286
8.3.2 Il sistema di distribuzione ... 286
8.3.3 Asset Management ... 287*
8.3.3.1 Revisione delle pratiche di gestione dei beni presso la LADWP ... 287
8.3.3.2 Gestione dei beni come problema di gestione dei rischi ... 292
8.3.3.3 Il Programma di gestione dei beni della LADWP ... 293
8.3.3.4 Raccomandazioni ... 294
8.4 U.D. 4. IL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE IDRICA DI LEMESOS ... 296
8.4.1 Strategie per la Gestione delle Perdite: Distretti di Misura e Controllo della Pressione ... 296
8.4.1.1 Perdite idriche reali ... 296
8.4.1.2 Riprogettazione dei DMA ... 297
8.4.1.3 Riduzione della pressione ... 298
8.4.1.4 Risultati ... 299
Perdite di sottofondo e localizzate ... 299
Frequenza delle nuove rotture ... 300
8.4.1.5 Conclusioni ... 300
8.4.2 Le istruzione per la manutenzione preventiva in relazione alle tempistiche ... 301
8.4.2.1 Rete di distribuzione ... 301
8.5 BIBLIOGRAFIA ... 306

CAPITOLO 1

Le Reti di approvvigionamento idrico urbano

1 Le reti di approvvigionamento idrico urbano

1.1 (U.D. 1) La risorsa idrica

1.1.1 La distribuzione dell'acqua

L'acqua non è un prodotto commerciale al pari degli altri, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale (Direttiva Quadro sulle Acque (WFD) 2000/60/CE).

L'acqua sul pianeta Terra può essere immagazzinata in qualunque delle seguenti riserve naturali: l'atmosfera, gli oceani, i laghi, i fiumi, il suolo, i ghiacciai, i nevai, le falde acquifere. Il ciclo idrologico è un modello concettuale che descrive l'immagazzinamento e la circolazione dell'acqua tra biosfera, atmosfera, litosfera e idrosfera (vedi Fig. 1.1).

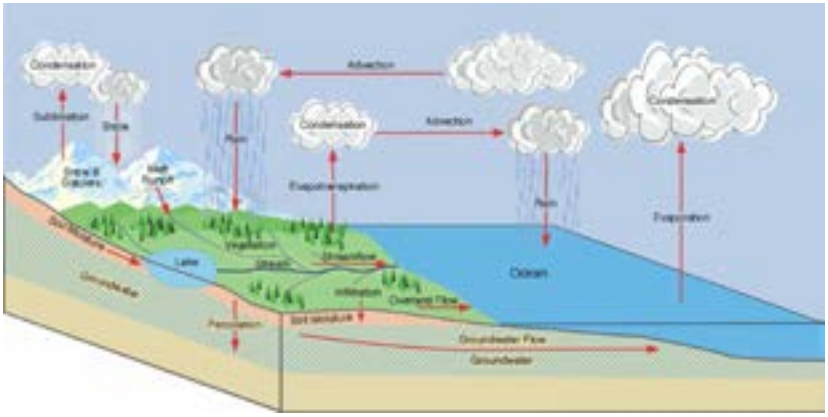


Figura 1.1. *Ciclo idrologico (es. Pidwirny, 2006)*

Le risorse idriche sono le fonti d'acqua utili o potenzialmente utili per l'uomo. Gli usi dell'acqua si dividono in agricolo, industriale, domestico e legato alle attività ricreative e ambientali. Praticamente tutti questi usi umani richiedono acqua dolce. Il 97% circa di tutta l'acqua sulla Terra è negli oceani (acqua salata). Oltre due terzi del rimanente 3% (acqua dolce) è rappresentato dai ghiacciai e dalle calotte polari. La restante parte di acqua dolce si trova soprattutto nelle falde sotterranee, nei laghi, sul suolo, in atmosfera e all'interno delle diverse forme di vita (vedi Tab. 1.1).

Tabella 1.1. *Distribuzione dell'acqua sulla Terra*

Riserva	Volume (Mil. Km^3)	Percentuale sul totale
Oceani e mari	1370	97.25
Calotte polari e ghiacciai	29	2.05
Falde acquifere	9.5	0.68
Laghi	0.125	0.01
Umidità del suolo	0.065	0.005
Atmosfera	0.013	0.001
Fiumi e corsi d'acqua	0.0017	0.0001
Biosfera	0.0006	0.00004

L'acqua dolce è una risorsa rinnovabile, tuttavia la riserva di acqua dolce e pulita, a livello mondiale, sta progressivamente diminuendo. La domanda idrica è già superiore all'offerta in molte parti del mondo e dato che la popolazione mondiale è in continuo aumento, anche la richiesta di acqua continua a crescere. La consapevolezza dell'importanza di preservare l'acqua a livello globale, a servizio dell'ecosistema, è emersa solo recentemente in quanto, nel corso del

20° secolo, più della metà delle zone umide del mondo è andata perduta e con essa le loro preziose funzioni ambientali. Gli ecosistemi di acqua dolce ricchi di biodiversità sono in più rapido declino rispetto agli ecosistemi marini o terrestri. La base giuridica per l'allocazione delle risorse idriche tra i diversi utilizzatori (laddove tale base esiste) è nota come "diritto all'acqua".

1.1.2 Le acque superficiali

Per "acque superficiali" si intendono le acque interne, ad eccezione delle acque sotterranee; le acque di transizione e le acque costiere, tranne per quanto riguarda lo stato chimico, in relazione al quale sono incluse anche le acque territoriali (Direttiva Quadro sulle Acque (WFD) 2000/60/CE).

Le acque superficiali sono le acque che si trovano sulla superficie della terra, cioè qualsiasi corpo d'acqua, dolce o salata, fluente o contenuta in depressioni naturali o avvallamenti artificiali per lunghi periodi dell'anno, tra cui laghi naturali o artificiali, stagni, sorgenti, fiumi, torrenti, zone umide, paludi, acquitrini e acque di marea, dai quali si preleva o è potenzialmente prelevabile l'acqua potabile destinata poi, attraverso una rete di distribuzione, all'utilizzo pubblico.

I corpi d'acqua superficiale vengono naturalmente alimentati dalle precipitazioni e vengono naturalmente impoveriti dal deflusso verso gli oceani, dall'evaporazione e dall'infiltrazione sotterranea. Le precipitazioni rappresentano l'unico fattore naturale di alimentazione di un bacino idrografico ma molti altri fattori influiscono sulla quantità d'acqua, ad esempio le condizioni climatiche, la topografia, la capacità di stoccaggio dei bacini naturali ed artificiali, la permeabilità del suolo, ecc. Le attività umane influiscono sulla distribuzione e sulla qualità delle acque superficiali. Il trattamento delle acque superficiali è generalmente limitato alla rimozione dei solidi e alla disinfezione.

I fiumi sono le più comuni fonti di acqua dolce, ma esistono diversi problemi legati al livello dell'acqua che varia in funzione dei periodi di piena e di magra, alla qualità dell'acqua, all'insorgenza e propagazione delle malattie. Un fiume è un sistema che comprende sia il corso d'acqua principale sia tutti gli affluenti che lo alimentano; l'area di cui il sistema fluviale raccoglie le acque è detta bacino idrografico. La caratteristica principale dei fiumi è il loro continuo flusso unidirezionale, in risposta alla forza di gravità. Pur essendo numerosi, i bacini idrografici o bacini fluviali Europei sono relativamente piccoli ed i loro fiumi corti. Circa 70 fiumi Europei hanno un bacino con superficie che supera i 10.000 km2 . Solo i fiumi che nascono nel profondo interno del continente sono relativamente grandi. I tre fiumi più grandi d'Europa, il Volga (1), il Danubio (2) e il Nipro (3), raccolgono un quarto delle acque dell'intero continente. Tuttavia, essi sono relativamente piccoli rispetto agli standard mondiali; i loro bacini idrografici si classificano, rispettivamente, al 14°, 29° e 48° posto.

Per l'Europa nel suo insieme, le acque superficiali sono la principale fonte di acqua dolce, principalmente perché essa può facilmente prelevata, in grandi quantità e ad un costo relativamente basso. Essa rappresenta l'81% del totale di acqua prelevata.

1.1.3 I flussi sub-superficiali

Lo scorrimento dell'acqua che filtra attraverso i sedimenti permeabili al di sotto e a fianco del letto del fiume è detto flusso "iporreico", o di subalveo o interstiziale, in contrapposizione al flusso visibile di un corso d'acqua, definito flusso "reico". Il flusso "iporreico" è il flusso sub-superficiale tra il livello freatico e il flusso idrico superficiale.
Il termine "iporreico" deriva dal Greco "hypo", che significa sotto, e "rheo" che significa flusso/corrente.

La zona di flusso sub-superficiale attraverso le rocce e le ghiaie alla base del letto del fiume e delle aree golenali viene detta zona iporreica. Il flusso dell'acqua in questa zona è piuttosto consistente e può anche essere dello stesso ordine di grandezza o addirittura superare di molto il flusso visibile. Il flusso iporreico può rappresentare tutto il flusso nelle zone aride con terreni sabbiosi, ad esempio nelle aree desertiche, quando le acque superficiali vengono prosciugate. L'alimentazione del flusso iporreico può derivare dallo stesso alveo del fiume o dalle infiltrazioni verso il corso d'acqua dalle aree circostanti. La zona iporreica forma spesso un'interfaccia dinamica tra le acque superficiali e le acque sotterranee propriamente dette, ricevendo acqua dal terreno quando gli acquiferi sono completamente carichi e ricaricando le falde acquifere quando sono povere d'acqua.

Esistono diverse definizioni per la zona iporreica, le cui basi riflettono chiaramente la disciplina accademica nell'ambito della quale sono sorte. La maggior parte della letteratura corrente in materia è opera di ecologisti e solo una parte minore di idrologi, idrogeologi, geochimici e geomorfologi.

Alcune di queste definizioni sono:

- L'area sottostante o circostante l'alveo di un corso d'acqua o le aree golenali che contribuisce al flusso di acqua;
- La zona sottostante ed adiacente ad un alveo in cui avvengono scambi tra l'acqua che scorre in superficie e quella interstiziale dei sedimenti costituenti il letto del corso d'acqua;
- La zona attorno a un corso d'acqua in cui si trova e vive la fauna caratteristica della zona iporreica;
- La zona in cui le acque sotterranee si mescolano con quelle superficiali;
- La zona satura al di sotto del letto di un corso d'acqua, e compresa tra gli argini, che contiene parte dell'acqua fluente o che è stata alterata da infiltrazioni dal flusso superficiale;
- La regione sub-superficiale di fiumi e corsi d'acqua caratterizzata da scambi con la superficie;
- La parte del sub superficiale del suolo in cui sono presenti sia acque superficiali che sotterranee.

La zona iporreica è in genere osservata e descritta come un mezzo poroso, anche se localmente esiste una significativa eterogeneità. In molti sistemi iporreici si può assumere come valida la Legge di Darcy, che descrive il flusso laminare in un mezzo poroso.

1.1.4 Le acque sotterranee

Per "acque sotterranee" si intendono tutte le acque che si trovano sotto la superficie del suolo nella zona di saturazione e a contatto diretto con il suolo o il sottosuolo (Direttiva Quadro sulle Acque (FWD) 2000/60/CE). Le acque sotterranee rappresentano una delle principali fonti di approvvigionamento idrico, in particolare per gli acquedotti municipali.

Le precipitazioni si dividono in deflussi superficiali ed infiltrazione nel sottosuolo. Le acque che si trovano sotto la superficie del terreno si dicono acque sotterranee, o sub-superficiali. Un acquifero, detto anche riserva idrica o bacino sotterraneo o zona di raccolta idrica sotterranea, è una formazione geologica (o un gruppo di formazioni) che contiene acqua e permette la circolazione di grossi quantitativi d'acqua. Il termine acquifero deriva dal latino "aqui", da "aqua", che significa acqua e "fer", da "ferre", che significa portare. La parte della formazione non occupata da materia solida è chiamata spazio vuoto o spazio dei pori. Lo spazio dei pori contiene le acque sotterranee. Gli interstizi comunicanti si comportano come condotti elementari.

Le formazioni del sottosuolo contenenti acqua, al di sopra di letti rocciosi impermeabili, possono essere suddivise verticalmente in due zone orizzontali: la zona di saturazione, in cui tutti i pori sono pieni d'acqua e, sopra di essa, la zona di aerazione, in cui i pori contengono sia acqua che aria. La zona satura è delimitata verso l'alto da un livello piezometrico, detto anche superficie freatica, in corrispondenza del quale la pressione è considerata essere quella atmosferica. La zona di aerazione, tra il livello piezometrico e la superficie del suolo, consiste di tre sub-zone, la zona (frangia) capillare, la zona di transizione (o dell'acqua vadosa) e la zona di evapotraspirazione.

Gli acquiferi possono essere classificati come segue:

- un acquifero confinato (o in pressione) è un acquifero delimitato sia superiormente che inferiormente da formazioni impermeabili;
- un acquifero freatico (o non confinato o libero) è un acquifero in cui il limite superiore è rappresentato dal livello idrostatico;
- un acquifero semi-confinato o perdente è un acquifero, confinato o non confinato, che può ricevere o perdere acqua attraverso una formazione semipermeabile che lo delimita verso l'alto o verso il basso (o entrambe). Queste formazioni a bassa permeabilità permettono uno flusso limitato in ingresso o in uscita dall'acquifero.

L'eccessivo attingimento di acque sotterranee da un acquifero costiero causa un abbassamento del livello dell'acqua dolce ed un flusso di acqua salata verso l'acquifero – processo noto come intrusione salina. Questo comporta il peggioramento della qualità dell'acquifero e compromette l'uso delle acque di falda, in quanto i metodi di trattamento convenzionali non rimuovono il sale. Inoltre, il tempo di permanenza delle acque di falda, normalmente lungo, comporta la persistenza della contaminazione salina per decine di anni. Tipicamente, l'intrusione salina nelle falde acquifere si traduce nella necessità di soddisfare la richiesta di acqua dolce attraverso altre fonti di approvvigionamento, tra cui la desalinizzazione delle acque costiere. Vaste aree del litorale mediterraneo sono state interessate dall'intrusione salina causata dagli attingimenti d'acqua ad uso agricolo e idropotabile, risultando la domanda relativa a quest'ultimo notevolmente incrementata dal turismo.

La necessità di un sistema di gestione per degli approvvigionamenti idrici futuri, che contempli sia aspetti qualitativi che quantitativi, è evidente. Oggi c'è un grande interesse volto al recupero e alla preservazione delle risorse idriche sotterranee, nell'ambito dei piani di gestione delle acque. Con il termine "riserva sotterranea controllata" (Managed Underground Storage - MUS)", o "accumulo sotterraneo sostenibile", ci si riferisce alla ricarica artificiale dei sistemi acquiferi volta al loro recupero e (ri)utilizzo come elemento di una gestione delle risorse idriche di lungo termine.
La fonte di approvvigionamento per un deposito sotterraneo può derivare dai corsi d'acqua superficiali o dalle falde sotterranee, dagli impianti di recupero dell'acqua, dall'acqua piovana o da altre fonti e la ricarica può avvenire con metodi diversi, soprattutto per mezzo di pozzi o bacini di infiltrazione. Dopo il recupero, soprattutto attraverso i pozzi, l'acqua può essere utilizzata per vari scopi. Molti di questi sistemi contemplano impianti di pretrattamento prima della ricarica, impianti di post-trattamento dopo il recupero e il monitoraggio dell'acqua accumulata.

Gli elementi principali di una "riserva sotterranea controllata" sono i seguenti:

- La fonte di acqua da immagazzinare: sono disponibili molte fonti di acqua, acque superficiali e sotterranee, acque di pioggia, acque reflue trattate e disponibili per il riutilizzo. La fonte di acqua utilizzata dipende da disponibilità, qualità, durata ed affidabilità, oltre che dalle prescrizioni normative. Le acque provenienti da fonti diverse possono avere caratteristiche qualitative differenti.
- Il metodo di ricarica: i metodi sviluppati maggiormente sono quelli della ricarica attraverso bacini o pozzi (pozzi di iniezione a pressione, gallerie di infiltrazione in zona vadosa, pozzi di ricarica per gravità, pozzi detti ASR – Acquifero, Stoccaggio, Recupero). La scelta del metodo dipende dal tipo e dalla profondità dell' acquifero e dalle

sue caratteristiche. L'uso di bacini di ricarica e di pozzi vadosi è limitato agli acquiferi non confinati. I dati progettuali più importanti sono la disponibilità di terreno, il tipo di acquifero e il controllo delle esondazioni.

- Le modalità di stoccaggio e l'approccio della gestione: la capacità dell'acquifero di immagazzinare l'acqua è uno dei fattori più critici nella scelta di un sito appropriato per il sistema dell'accumulo sotterraneo. Un secondo fattore è il miglioramento e/o deterioramento della qualità dell'acqua che si può verificare durante il deposito. Un terzo fattore riguarda l'impatto sull'acquifero, ad esempio con l'intasamento dello spazio dei pori. Sono stati usati anche altri metodi, quali lo stoccaggio in caverne sotterranee o in miniere abbandonate.
- Il metodo di recupero: il recupero avviene tramite gli stessi pozzi di ricarica a gravità o pozzi bivalenti, che possono funzionare sia in iniezione che in estrazione, o tramite scarico naturale nei corpi d'acqua superficiali. Le uscite naturali dalle falde acquifere sotterranee rappresentano sorgenti di infiltrazione nel mare.
- L'utilizzo finale dell'acqua recuperata: la qualità finale dell'acqua dipende dall'uso al quale è destinata l'acqua immagazzinata. Prima dell'utilizzo finale potrebbe essere necessario un trattamento. Le caratteristiche principali sono la qualità, la quantità, la durata e l'affidabilità.

Termini quali sovrasfruttamento o prelievo eccessivo di acqua vengono usati quando il prelievo di acqua attraverso i pozzi determina un abbassamento del livello piezometrico nel terreno con velocità maggiore di quella di ricarica della stessa falda.

1.1.5 L'acqua ghiacciata

Come detto precedentemente, due terzi dell'acqua dolce sulla terra sono rappresentati dai ghiacciai e dalle calotte polari, che possono essere considerati una potenziale fonte di acqua potabile. Il ghiaccio è più pulito dell'acqua del mare e quasi potabile, ma quando si scioglie si mescola con l'acqua marina e diventa inutile.

Negli ultimi decenni sono state proposte varie teorie sul prelievo di acqua dolce dal Polo Nord e dall' Antartico. Le calotte polari perdono ogni anno migliaia di metri cubi di ghiaccio, sotto forma di iceberg. La quantità di acqua degli iceberg che annualmente si scioglie negli oceani equivale a una parte consistente del consumo mondiale annuo di acqua dolce. Questi iceberg possono raggiungere dimensioni di centinaia di km di lunghezza e "vivere" per circa dieci anni. È' quindi sensato trasportare un iceberg in un posto che necessita di acqua dolce.

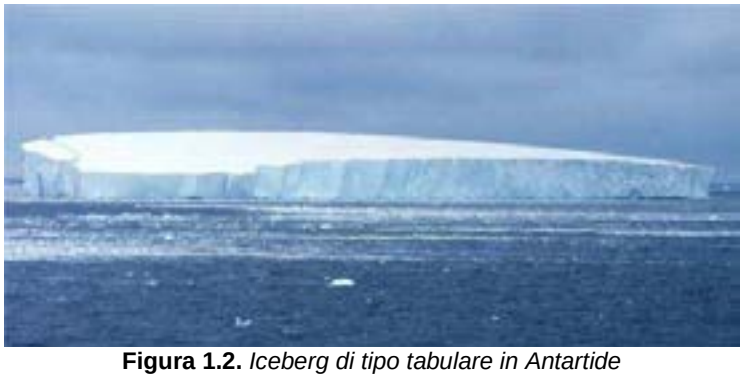


Figura 1.2. *Iceberg di tipo tabulare in Antartide*

Sono stati proposti vari metodi di cattura dell'acqua dai poli. Tra questi il trasporto di (a) iceberg a impianti capaci di ricevere grandi quantità di ghiaccio, (b) grandi blocchi di ghiaccio, (c) pezzi più piccoli di ghiaccio e (d) estrazione dell'acqua in situ. Esistono diversi problemi legati al trasporto e all'estrazione dell'acqua. Una delle sfide tecnologiche riguarda il problema di come guidare l'iceberg a destinazione. Devono essere presi in considerazione diversi vincoli come la minimizzazione dell'energia e dei tempi di percorrenza e la massimizzazione della massa di

ghiaccio rimanente. Questioni di interesse sono anche la dimensione e la forma di un iceberg, il costo del trasporto, i cambiamenti climatici, il metodo di recupero dell'acqua, la velocità di scioglimento, le implicazioni internazionali, ecc.

1.1.6 La raccolta dell'acqua piovana

Le fonti naturali di acqua possono essere integrate da altre fonti, come la raccolta dell'acqua piovana, il riciclo delle acque di scarico o la desalinizzazione. Nessuno di questi metodi riduce l'uso dell'acqua, ma essi sono metodi potenzialmente utili a diminuire il prelievo di acqua dalle fonti convenzionali. Negli ultimi anni queste fonti alternative, si sono dimostrate potenzialmente più sostenibili, per assicurare l'approvvigionamento idrico, e sono diventate sempre più importanti.

L'acqua piovana è una fonte di acqua di buona qualità che può essere raccolta tal quale. Il processo di recupero dell'acqua piovana consiste nel raccogliere, convogliare ed accumulare l'acqua di pioggia per un utilizzo successivo. Il concetto di raccogliere l'acqua piovana è ben documentato fin dall'antichità. In alcune aree povere d'acqua, l'acqua piovana può essere l'unica fonte d'acqua disponibile, o a costi accettabili.

Figura 1.3. *Raccolta di acqua piovana dai tetti*

I sistemi di raccolta di acqua piovana possono essere distinti in due categorie: dai tetti e dal terreno. La raccolta di acqua piovana dai tetti può integrare i fabbisogni domestici, come l'irrigazione dei giardini, il lavaggio delle auto, gli scarichi dei gabinetti, ecc. Il bacino di raccolta costituito dal tetto è collegato ad un sistema a grondaia e ad un condotto discendente per il convogliamento dell'acqua piovana in un serbatoio di accumulo. Il dimensionamento di un sistema di raccolta dell'acqua piovana dipende dalla quantità di precipitazioni, dall'estensione della superficie di raccolta, dalla capacità di stoccaggio e dal fabbisogno di acqua per usi domestici. In molti casi, il limite non è determinato dalla quantità di precipitazioni ma dalla capacità del serbatoio di accumulo. La raccolta di acqua dal terreno, invece, si ha quando le acque meteoriche di dilavamento superficiale vengono raccolte in stagni o altri tipi di bacino prima che raggiungano un corso d'acqua. Si possono accumulare grandi quantità di acqua piovana in superfici appositamente predisposte, trasformate in aree impermeabili. Materiali come la plastica o il cemento possono essere usati a tale scopo.

1.1.7 Il riutilizzo dell'acqua

Le fonti naturali di acqua possono anche essere integrate con il riutilizzo delle acque reflue trattate negli impianti di depurazione e delle acque grigie, ovvero gli scarichi domestici diversi da quelli dei servizi igienici.

A livello europeo non ci sono definizioni formali o linee guida relative al riutilizzo delle acque reflue depurate. Al contrario, esiste una certa disparità nelle pratiche di riutilizzo in Europa, ma almeno due direttive ambientali affrontano il problema: (a) la Direttiva concernente il Trattamento delle Acque Reflue Urbane (91/271/CEE) stabilisce che le acque reflue trattate devono essere riutilizzate ogniqualvolta ciò risulti appropriato e (b) la Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) fa riferimento alla riduzione delle emissioni e a misure tese a favorire l'efficienza e il riutilizzo, tra le quali l'incentivazione di tecnologie efficienti dal punto di vista idrico nell'industria e tecniche di irrigazione a basso consumo idrico.

L'acqua riciclata, detta anche acqua recuperata o riutilizzata, è già stata usata in varie parti del mondo per parecchi anni. Singapore, California, Florida, Emirati Arabi Uniti e Israele considerano l'utilizzo di acqua riciclata come elemento chiave per garantire la sicurezza dell'approvvigionamento idrico nel futuro. L'acqua riciclata, se dovutamente trattata, può essere utilizzata per vari scopi come l'irrigazione, i processi industriali (raffreddamento), per annaffiare parchi e campi da golf e per gli usi domestici non potabili (sciacquoni, lavaggio auto, annaffiare piante e giardini).

In alcune località, l'acqua riciclata viene destinata anche al consumo umano, direttamente o indirettamente. Il riuso diretto a scopo potabile delle acque reflue è possibile dopo adeguati trattamenti di potabilizzazione. Il riutilizzo diretto a scopo potabile non è usuale per sistemi di approvvigionamento pubblico a vasta scala. Nel riutilizzo indiretto a scopo potabile, l'acqua trattata viene scaricata in un lago o un fiume o una falda sotterranea prima di essere estratta e trattata nuovamente per essere utilizzata. Il riutilizzo delle acque reflue necessita di speciali attenzioni e spesso di trattamenti costosi per l'utilizzo potabile.

Le acque grigie sono le acque di scarico provenienti da docce, vasche da bagno, lavandini, lavatrici e cucine. Le acque grigie dei lavandini delle cucine non sono le migliori in quanto più contaminate. Le acque grigie possono essere separate, raccolte ed utilizzate per gli sciacquoni nei gabinetti e per annaffiare i giardini (piante non commestibili). L'utilizzo delle acque grigie per alimentare gli sciacquoni nei gabinetti e annaffiare i giardini è stato implementato con successo a Cipro, riducendo fino al 40% il consumo idrico procapite. Nel 2007, gli incentivi statali coprivano il 75% dei costi di investimento.

1.1.8 La desalinizzazione

La carenza di acqua in alcune aree è un grosso problema per l'approvvigionamento idrico. Trasformare l'acqua salata o salmastra in acqua dolce potrebbe essere una soluzione ma l'acqua con elevata concentrazione di sali disciolti non è né potabile né appropriata per la maggior parte degli usi.

La Spagna è il paese che utilizza maggiormente le tecnologie di desalinizzazione nel mondo occidentale. Globalmente, si colloca al quarto posto dopo l'Arabia Saudita, gli Emirati Arabi Uniti e il Kuwait, ed è prima per quanto riguarda l'utilizzo di acqua desalinizzata in agricoltura. I suoi 700 impianti producono qualcosa come 1.600.000 m3 di acqua al giorno, ovvero acqua sufficiente per 8 milioni di persone (WWF, 2007). Anche altri paesi del mediterraneo come Cipro, Grecia, Italia, Malta e Portogallo, si affidano sempre più all'acqua desalinizzata come risorsa integrativa per l'approvvigionamento idrico pubblico e per e supportare l'attività turistica nelle zone aride. A Malta per esempio, il 57% dell'approvvigionamento idrico è garantito da acqua

desalinizzata. A Cipro sono stati costruiti due impianti di desalinizzazione fissi con una capacità totale di progetto di 120.000 m3/giorno ed è anche stato installato un impianto mobile della capacità di 20.000 m3/giorno. La desalinizzazione viene utilizzata anche in regioni normalmente non considerate aride; la “Thames Water”, azienda di gestione dei servizi idrici di Londra, sta attualmente investendo 300 milioni di euro per costruire il primo impianto di desalinizzazione della regione.

1.2 (U.D. 2) Le riserve idriche

1.2.1 Le dighe

Una diga è uno sbarramento costruito dall’uomo per creare un bacino di accumulo e serve principalmente utilizzato per regolare, gestire i flussi idrici e/o prevenire deflussi eccessivi di acqua in determinate regioni. Alcune dighe vengono inoltre utilizzate per generare energia idroelettrica. Le dighe si possono anche formare per cause naturali, come eventi franosi o addirittura per opera di alcuni animali, come il castoro.

Figura 1.4. *Diga e bacino di accumulo*

Un bacino di accumulo è un lago artificiale, utilizzato principalmente per immagazzinare acqua. Si tratta dello specifico corpo d’acqua formatosi a seguito della costruzione di una diga. La riserva d’acqua accumulata è sottratta al deflusso naturale per garantire la possibilità di utilizzi successivi quali l’approvvigionamento idropotabile.

Le dighe possono risolvere alcuni dei problemi sopra citati (paragrafo 1.1.2), ma la loro costruzione è troppo costosa per le piccole comunità.

Le dighe vengono classificate in base alla loro altezza, allo scopo o alla struttura. Vengono dette Grandi Dighe quelle con un’altezza maggiore di 15-20 m, Dighe Maggiori quelle che superano i 150-250m. Le dighe vengono in genere costruite per scopi multipli. Possono garantire il controllo delle piene, fornire energia idroelettrica, acqua potabile e per l’irrigazione, fungere da chiuse per la navigazione di barche e chiatte, da luoghi di svago, ecc. Alcune dighe garantiscono una sola di queste funzioni, ma la maggior parte ne garantiscono più d’una. In base alla struttura le dighe possono essere suddivise in dighe in muratura e dighe in terra. Sottotipi delle dighe in muratura sono le dighe ad arco, a contrafforti e a gravità; tutte realizzate con notevoli quantità di

calcestruzzo. Le dighe in terra cono costituite di terra e roccia, con un nucleo impermeabile per impedire che l'acqua possa fluire attraverso di loro.

I sedimenti trasportati dai fiumi rimangono intrappolati nei bacini artificiali. La sedimentazione comporta una riduzione significativa della capacità utile del bacino. Il modo migliore per ridurre l'influenza dei sedimenti in un bacino artificiale è quello di selezionare attentamente la localizzazione dello stesso ed adottare appropriate misure di controllo.

1.2.2 Gli accumuli off-stream

Gli accumuli off-stream sono bacini di accumulo artificiali il cui scopo è quello di raccogliere acqua successivamente destinata all'approvvigionamento idrico, all'irrigazione, ecc.
Rispetto ai bacini on-stream, gli accumuli off-stream presentano alcuni vantaggi, come la flessibilità nella localizzazione del sito, la possibilità di sviluppo incrementale, il prelievo selettivo da diverse fonti di acqua e la mitigazione dei dissesti ambientali.

1.2.3 I laghi

Per lago si intende un corpo idrico superficiale interno fermo. Si tratta di un corpo idrico chiuso, in genere d'acqua dolce, circondato da terra e che non ha sbocchi diretti al mare. Si possono distinguere i laghi formati da processi naturali, detti laghi naturali, dai laghi artificiali formati dall'uomo, chiamati bacini di accumulo superficiali, creati dalle dighe. Esistono anche molti laghi semi artificiali, cioè piccoli laghi naturali che sono stati allargati artificialmente. I laghi naturali rappresentano una risorsa ecologica di valore inestimabile, in grado di soddisfare molti bisogni dell'uomo.
I laghi naturali si formano attraverso processi geologici e possono essere raggruppati in diverse tipologie: glaciali, tettonici, alluvionali, costieri, di sbarramento, vulcanici e carsici. Esistono laghi formatisi in depressioni naturali. I loro bacini imbriferi sono piuttosto asimmetrici e sono alimentati da vari fiumi o corsi d'acqua, dalle precipitazioni dirette e dalle infiltrazioni sub-superficiali. Durante la stagione piovosa, i laghi si riempiono di acqua che viene poi rilasciata lentamente, riducendo esondazioni a valle.
I laghi si possono esaurire a causa di processi naturali a lungo termine, come sedimentazione, evaporazione e perdite per infiltrazione nel sottosuolo, oppure per opera dell'uomo, a seguito di drenaggio o eccessivo sfruttamento.

In Europa esistono oltre 500.000 laghi naturali più grandi di 0,01 km2 (1 ha). Circa l'80-90% di questi sono di piccole dimensioni, con una superficie compresa tra 0,01 e 0,1 km2 , mentre circa 16.000 hanno un'estensione superficiale di oltre 1 km2 . Tre quarti dei laghi sono situati in Norvegia, Svezia, Finlandia e la parte europea (Karelo-Kola) della Russia. Ventiquattro laghi europei hanno una superficie maggiore di 400 km2. Il più grande, il Lago Ladoga, ricopre un'area di 17.670 km 2 ed è situato nella parte nord-occidentale della Russia come il secondo lago più grande d'Europa, Lago Onega. Entrambi i laghi sono considerevolmente più grandi di qualsiasi altro lago o bacino europeo. Tuttavia, essi si classificano solo al 18° e 22° posto nel mondo. Il terzo corpo d'acqua dolce più grande d'Europa è il bacino di Samara (Kuybyshevskoye), sul fiume Volga, che si estende per 6.450km2 . Altri 19 laghi naturali più grandi di 400 km2 si trovano in Svezia, Finlandia, Estonia e la parte nord occidentale della Russia, mentre tre sono situati in Europa Centrale: il Lago Balaton, Lago Lemano (Lago di Ginevra) e il Lago di Costanza (Bodensee).

1.2.4 Gli stagni

I piccoli laghetti che si formano in maniera permanente o intermittente sulla superficie in determinate aree sono convenzionalmente denominati stagni. Le riserve idriche rappresentate dagli stagni sono molto limitate e possono essere destinate all'uso agricolo o per l'approvvigionamento idrico degli allevamenti di bestiame.
Tuttavia, in alcune regioni remote che soffrono di frequenti ed intensi periodi di siccità, gli stagni potrebbero rappresentare utili risorse idriche, a sostegno delle diverse attività, anche se a livello marginale.

1.2.5 Le riserve idriche sotterranee

Una riserva idrica sotterranea consiste in uno spazio sotterraneo saturo di acqua. Le falde acquifere costituiscono la parte sotterranea del ciclo dell'acqua (vedi paragrafo 1.1.1.). Diversamente dalle altre risorse naturali o materie prime, le falde acquifere sono presenti in tutto il mondo. Le possibilità di estrazione dell'acqua variano notevolmente da zona a zona, in base al regime delle precipitazioni e alla distribuzione degli acquiferi (rocce, strati di sabbia e così via, nello spazio dei pori dei quali si trova la falda acquifera). In generale, le acque sotterranee si rinnovano solo durante un periodo dell'anno ma possono essere captate tutto l'anno. A patto che vi sia adeguato rifornimento, e che la riserva idrica sia protetta dall'inquinamento, le acque sotterranee possono essere captate a tempo indeterminato.

Figura 1.5. *Sistema di pompaggio di acque sotterranee alimentato da un mulino a vento*

La conoscenza delle dimensioni di una riserva idrica sotterranea è di fondamentale importanza, ma occorre distinguere tra la dimensione geologica e quella idrologica. La dimensione geologica

consiste nel volume dell'acquifero capace di immagazzinare acqua, mentre la dimensione idrologica è una parte della dimensione geologica, in cui il flusso d'acqua è influenzato dal funzionamento di uno o più pozzi. La quantità di acque sotterranee contenute in un acquifero dipende dall'entità dei vuoti riempiti d'acqua all'interno dell'acquifero stesso. La permeabilità è altrettanto importante.
Le acque sotterranee sono in genere protette dalla contaminazione proveniente dalla superficie grazie al suolo e agli strati rocciosi di copertura. In alcune zone le acque sotterranee possono essere caratterizzate da elevati contenuti di sostanze naturali, che ne possono limitare l'uso. Per esempio, l'acqua del mare può introdursi all'interno dell'acquifero. Le acque sotterranee possono anche contenere sostanze solubili naturali come arsenico, fluoro, nitrati o solfati che ne limitano o addirittura impediscono l'uso per motivi sanitari.

1.2.6 I serbatoi di regolazione della pressione

La regolazione della pressione è sempre stato un problema rilevante nella progettazione di un sistema di distribuzione idrica. Un vecchio metodo tradizionale era quello di usare serbatoi a quote elevate all'interno dell'area da servire. Si tratta di una soluzione rigida, con elevato livello di affidabilità. Oggi, grazie ai progressi tecnologici nel campo della regolazione della pressione, nella maggior parte dei casi i serbatoi di regolazione della pressione sono stati rimpiazzati da appropriate valvole elettroniche.

In ogni caso, i serbatoi di regolazione della pressione possono ancora essere una soluzione nel caso di scarsa attività di presidio e manutenzione di un sistema di distribuzione. Il livello dell'acqua nel serbatoio può essere considerato come un livello costante di energia fornita al sistema. E' sempre necessario prevedere un dispositivo di scarico, per garantire un deflusso dell'acqua in sicurezza in caso di guasti al sistema di accumulo.

1.2.7 I serbatoi di compenso

Cisterne e serbatoi vengono utilizzati per garantire capacità di stoccaggio, per far fronte alle fluttuazioni della domanda, per assicurare riserve ad uso antincendio o altre situazioni di emergenza e per equilibrare le pressioni nel sistema di distribuzione. Il tipo di impianti di stoccaggio maggiormente utilizzato sono i serbatoi sopraelevati, ma esistono anche altri tipi di opere di accumulo come serbatoi interrati, vasche aperte o cisterne chiuse. Tra i materiali di costruzione citiamo calcestruzzo e acciaio. Una questione sulla quale si è a lungo dibattuto riguarda il ricambio dell'acqua all'interno delle opere di accumulo. Gran parte del volume dell'acqua nei serbatoi di accumulo è dedicato alla protezione antincendio, quindi possono sorgere sia problemi di invecchiamento che di miscelazione dell'acqua. Quest'ultimo può portare a stratificazioni e/o alla creazione di vaste zone stagnanti all'interno del volume dell'acqua.

1.2.8 I serbatoi pensili

Un serbatoio pensile è un serbatoio di accumulo montato su una struttura a torre installata su una sommità, alla massima quota del terreno, nelle località in cui la pressione dell'acqua sarebbe altrimenti insufficiente ad assicurare una distribuzione a pressione uniforme.

I serbatoi pensili necessitano di interventi pulizia e disinfezione ad intervalli regolari, o possono dar luogo a proliferazione di colonie batteriche.

Figura 1.6. Un serbatoio pensile

1.2.9 I serbatoi domestici

I serbatoi domestici dovrebbero essere posizionati il più vicino possibile ai punti di fornitura e di erogazione, per ridurre al minimo la distanza percorsa dall'acqua e, per quanto possibile, essere protetti dalla luce diretta del sole. Prima della distribuzione, al fine di garantire la salute e la sicurezza, sono necessari trattamenti consistenti in processi di filtrazione e disinfezione in serie, per rimuovere dall'acqua immagazzinata i sedimenti e gli agenti patogeni che possono causare malattie.

1.3 (U.D. 3) La rete di adduzione

1.3.1 Le condotte di adduzione in pressione

Una rete idrica comprende tre diverse tipologie di tubazioni: (a) Le condotte principali di adduzione, che trasportano l'acqua dagli impianti di trattamento ai principali serbatoi di accumulo, costituite da tubazioni di grande diametro, in genere dai 300 mm ai 1000 mm, a seconda della popolazione servita, delle condizioni locali e delle portate da garantire per l'uso antincendio, (b) la rete di distribuzione secondaria, che si sviluppa dai serbatoi di accumulo lungo le principali strade e arterie di comunicazione della comunità servita e (c) gli allacciamenti d'utenza, lungo le strade di accesso alle proprietà private.
Le tubazioni vanno progettate per resistere alle sollecitazioni determinate dalla pressione interna ed esterna, dalle variazioni delle condizioni di deflusso dell'acqua, dai carichi esterni e dalle escursioni termiche. La pressione interna è determinata dalla pressione idrostatica e dal colpo d'ariete. Il colpo d'ariete può essere attenuato utilizzando valvole a chiusura rallentata, valvole di sfiato, casse d'aria e vasi di espansione. Una variazione nella direzione o nella velocità del flusso si traduce in una modifica delle sollecitazioni interne provocate dall'acqua in movimento. Grandi escursioni termiche possono sviluppare tensioni longitudinali. Le tubazioni sono posate in appositi scavi e poi interrate, di conseguenza su di esse agisce anche un carico verticale.

1.3.2 Canali e vallati

I canali artificiali per il convogliamento dell'acqua ricadono in due categorie principali, quelli a pelo libero e le condotte in pressione. In tutti i casi è inevitabile avere delle perdite idriche, causate da fuoriuscite, infiltrazioni, assorbimento ed evaporazione.

1.3.3 Gallerie

A volte le linee idriche assumono la forma di gallerie, negli attraversamenti sotterranei, su terreni accidentati, ecc. quando non è agevole o conveniente posare tubazioni o consentire il passaggio di un canale aperto si opta per una galleria. Le gallerie sono particolarmente adatte per l'attraversamento di fiumi o montagne. Le gallerie possono funzionare in pressione o come canali a pelo libero (con riempimento parziale).

1.3.4 Il trasporto dell'acqua via nave

In casi estremi, quando l'acqua è completamente mancante o inutilizzabile, e non è possibile alcun altro tipo di rifornimento convenzionale, può essere necessario trasportare l'acqua con navi cisterna da una fonte lontana dal punto di utilizzo. Nei casi in cui per questi trasferimenti di acqua sono necessari carichi via mare, sono comunemente utilizzate navi cisterna o chiatte. Le isole che soffrono regolarmente di siccità dovrebbero valutare la possibilità di avere a disposizione in maniera continuativa imbarcazioni allestite per il rifornimento, dotate di serbatoi adeguati, come parte del loro sistema di distribuzione idrica.

La necessità di trasferire acqua via mare comporta il trasporto fisico di acqua da un luogo all'altro, utilizzando apposite chiatte o navi cisterna. Tali imbarcazioni dovrebbero avere serbatoi di accumulo di dimensioni adeguate per massimizzare il volumi d'acqua trasportati rispetto ai costi di trasporto. Le cisterne di accumulo devono essere opportunamente realizzate e mantenute pulite per evitare la contaminazione delle acque; in genere quelle utilizzate dovrebbero essere imbarcazioni ad uso esclusivo, da non utilizzare per il trasporto di altri liquidi. Le chiatte possono essere semoventi o trainate da altre imbarcazioni, con funzione di rimorchiatore. Una volta giunta e ben ancorata la chiatta in un porto appositamente attrezzato, l'acqua può essere trasferita tramite pompaggio in serbatoi di accumulo o autocisterne a terra. Preservare la qualità dell'acqua potabile trasportata è fondamentale, e la qualità dell'acqua deve essere monitorata.

Il principale problema operativo riscontrato nell'uso delle imbarcazioni marine è rappresentato dai ritardi causati dalle avverse condizioni meteorologiche. Il secondo problema riscontrato più di frequente sono i guasti meccanici in cui possono incorrere le navi. Il trasporto di acqua per mezzo di imbarcazioni marine è, in genere, più costoso rispetto alle alternative. In ogni caso, questa forma di trasporto via mare risulta efficace durante le emergenze. La chiave del trasporto di acqua a basso costo tramite barconi o navi cisterna sta nel trasportare grandi quantità di acqua utilizzando grosse navi cisterna in modo continuativo sul lungo termine. Le economie di scala riducono significativamente il costo unitario dell'acqua trasportata in questa maniera. Tuttavia, perché questa modalità di trasporto dell'acqua sia efficace, è necessario assicurare la massima efficienza nelle operazioni di carico e scarico. Questo metodo di trasportare l'acqua è adatto per la maggior parte delle zone costiere che presentano adeguate strutture per l'attracco e infrastrutture in grado di immagazzinare e distribuire l'acqua dopo lo scarico. Al fine di rendere più efficiente il trasporto di acqua via nave, si devono mettere in atto tutti gli accorgimenti volti a permettere l'immediata distribuzione dell'acqua trasportata dalle barche ai consumatori finali appena le cisterne arrivano nel porto. Questo richiede che nel porto siano presenti pompe, impianti di trattamento e disinfezione e linee di distribuzione.

Vantaggi:
- Questo sistema non richiede personale altamente qualificato per essere utilizzato;
- può essere conveniente, in funzione dei costi delle alternative disponibili.

Svantaggi:
- Occorre considerare un periodo di messa a punto, prima che il sistema possa essere implementato: il tempo di avviamento per mettere in funzione un'imbarcazione va in genere da 3 a 6 mesi;
- il funzionamento è influenzato dalle condizioni meteorologiche;
- i costi del trasporto sono alti e in alcuni casi proibitivi;
- i tempi di trasporto sono piuttosto lunghi;
- può risultare difficile assicurare la qualità dell'acqua al momento dell'utilizzo, a causa di possibili contaminazioni da acqua di mare e/o altri agenti durante il trasporto.

1.4 (U.D. 4) Gli impianti di trattamento

1.4.1 Introduzione

L'acqua grezza proveniente da fonti superficiali e sotterranee viene trasportata ad un impianto di trattamento, dove viene appunto trattata per produrre acqua potabile attraverso il miglioramento delle sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche. Oltre alla salvaguardia delle fonti di approvvigionamento, un'ulteriore barriera alla contaminazione dell'acqua potabile è quella rappresentata dai processi di trattamento, tra i quali la disinfezione e la rimozione fisica dei contaminanti. La complessità dei trattamenti ai quali l'acqua grezza viene sottoposta per garantirne la potabilità dipende dalle caratteristiche dell'acqua non trattata, dai limiti di legge relativi alle acque potabili, dai processi utilizzati e dalle caratteristiche del sistema di distribuzione.

L'acqua dovrebbe essere priva di sapori e odori che sarebbero sgraditi alla maggior parte dei consumatori. Nella valutazione della qualità dell'acqua potabile, i consumatori fanno affidamento soprattutto sui loro sensi. Le proprietà microbiologiche, chimiche e fisiche dell'acqua possono influire sull'aspetto, l'odore o il sapore dell'acqua e il consumatore valuterà la qualità e l'accettabilità dell'acqua sulla base di questi criteri. Anche se queste caratteristiche possono non avere alcun effetto diretto sulla salute, un'acqua molto torbida, colorata o che ha un sapore o un odore sgradevole, può essere considerata non sicura da parte di consumatori e quindi rifiutata. In casi estremi, i consumatori potrebbero rifiutare di bere acque inaccettabili da un punto di vista estetico, ma sicuramente potabili, in favore di acque apparentemente più gradevoli ma pericolose. E' dunque opportuno acquisire consapevolezza delle percezioni dei consumatori e tenere conto, nella valutazione di una fonte di approvvigionamento idropotabile come nello sviluppo di normative e standard, sia degli orientamenti relativi alla salubrità delle acque che dei criteri estetici ritenuti importanti dai consumatori. Cambiamenti nel normale aspetto, odore o sapore dell'acqua potabile erogata possono segnalare variazioni nella qualità dell'acqua prelevata o inefficienze nel processo di trattamento su cui si dovrebbe indagare. L'acqua fredda è in genere più gradevole (come gusto) rispetto all'acqua tiepida, quindi anche la temperatura influisce sul grado di accettabilità di varie altre componenti inorganiche e contaminanti chimici che possono influire sul gusto dell'acqua. Un'elevata temperatura favorisce la proliferazione di microorganismi e può accentuare i problemi legati a sapore, odore, colore dell'acqua e alla corrosione.

Le linee guida sui requisiti di qualità delle acque potabili emanate dall'Unione Europea (UE) e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) vengono in genere seguite nella maggior parte dei Paesi a livello mondiale. In aggiunta ogni Stato, o Regione, o Ente competente in materia di

fornitura di acqua potabile può avere le sue regolamentazioni aggiuntive che assicurano agli utenti l'accesso ad acqua potabile sicura.

I processi di trattamento relativi alle acque destinate al consumo umano più comuni (vedi Tabella 1.2) sono:

- Grigliatura grossolana
- Stoccaggio
- Vagliatura o Microfiltrazione
- Areazione
- Coagulazione
- Flocculazione
- Decantazione
- Filtrazione
- Regolazione del pH
- Disinfezione
- Addolcimento
- Rimozione dei fanghi

Tabella 1.2. *Processi di trattamento e contaminanti rimossi*

	As^{+3}	As^{+5}	Cr^{+3}	Cr^{+6}	NO_3^-	NO_2^-	COV	Durezza	Mn	TDS	Cl^-	Colore	Sapore/ Odorre
Areazione							x						X
Coagulazione Sedimentazione Filtrazione	xo	x	x						xo			x	
Addolcimento calce-soda	xo	x	x					x	x				
Ossidazione e Disinfezione chimica												x	X
Processi a membrana													
Nanofiltrazione								x				x	
Osmosi inversa	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	
Elettrodialisi	x	x	x	x	x	x		x		x	x		
Scambio ionico		x	x	x	x	x		x	x				
Adsorbimento													
Carbone attivo granulare							x					x	X
Carbone attivo in polvere												x	X
Allumina attivata	x	x											

In letteratura sono pubblicati principalmente esiti di esperimenti di laboratorio, simulazioni con impianti pilota e studi a scala reale sui processi di trattamento delle acque. Molti dei trattamenti descritti sono pensati per impianti di trattamento di grandi dimensioni e potrebbero non essere appropriati per impianti di trattamento più piccoli. In questi casi, la scelta della tecnologia da utilizzare deve essere fatta caso per caso. Basarsi su informazioni qualitative è probabilmente il "caso migliore" poiché i dati quantitativi sarebbero relativi condizioni di laboratorio o ad impianti accuratamente controllati a fini sperimentali. Le prestazioni di processo effettive dipendono dalla concentrazione degli elementi chimici nell'acqua grezza e dalla qualità generale dell'acqua non

trattata. Per esempio, la clorazione e la rimozione delle sostanze organiche e dei pesticidi usando i carboni attivi o l'ozonizzazione sarebbero compromesse se ci fosse una concentrazione elevata di sostanze organiche naturali. Per molti contaminanti, diversi processi potrebbero essere potenzialmente appropriati e la scelta del processo dovrebbe essere fatta sulla base della complessità tecnica e dei costi, tenendo conto della realtà locale. Ad esempio, i processi a membrana possono rimuovere una vasta gamma di sostanze, ma anche alternative più semplici e meno costose sono efficaci nella rimozione della maggior parte di esse. E' prassi, al fine di ottenere determinati obiettivi di qualità dell'acqua, utilizzare una serie di processi unitari (es. coagulazione, sedimentazione, filtrazione, adsorbimento su carboni attivi, clorazione). Ognuno di questi processi contribuisce alla rimozione delle sostanze indesiderate. Può risultare vantaggioso, sia dal punto di vista tecnico che economico, usare una combinazione di processi (es. ozonizzazione più adsorbimento su carboni attivi) per rimuovere particolari sostanze. L'efficacia dei processi ipotizzati dovrebbe essere valutata usando test di laboratorio, o su impianti pilota con l'acqua grezza effettivamente in questione. Questi test dovrebbero avere una durata sufficiente ad individuare eventuali variazioni stagionali o temporanee nella concentrazione dei contaminati e nelle prestazioni dei processi. Di conseguenza "non esiste una soluzione (sequenza di processi) unica per tutti i tipi di acqua". È inoltre difficile standardizzare la soluzione, sotto forma di sequenza di processi, per acque provenienti da fonti diverse. Per selezionare il processo più appropriato è necessario condurre studi specifici sulle modalità di trattamento più efficaci per ciascuna fonte d'acqua in funzione delle variazioni stagionali. Si deve riconoscere che ciascuna fonte di approvvigionamento idrico presenta problematiche specifiche al fine di garantirne la potabilità.

1.4.2 I processi utilizzati nel trattamento dell'acqua potabile

1.4.2.1 Grigliatura grossolana - Stoccaggio

Per la protezione dell'impianto di trattamento, l'acqua viene prima fatta passare attraverso una serie di griglie utilizzate per rimuovere foglie, cartacce, pietre, legno e altri materiali in sospensione o galleggianti. Le griglie vengono rimosse regolarmente per la pulizia o subiscono processi di controlavaggio in pressione per prevenirne l'intasamento. Dopo la grigliatura, l'acqua viene inviata ai bacini in cui la sua qualità viene migliorata.

1.4.2.2 Grigliatura fine o Microfiltrazione

A monte dei trattamenti principali, l'acqua passa attraverso ulteriori griglie, con spaziatura tra le barre più piccola, utilizzate per rimuovere i detriti più fini.

1.4.2.3 Aerazione

I processi di areazione sono utilizzati per ottenere la rimozione di gas e composti volatili tramite strippaggio (stripping). Il trasferimento dell'ossigeno si realizza in genere utilizzando una semplice cascata d'acqua o tramite diffusione di aria all'interno della massa d'acqua, senza la necessità di apparecchiature complicate. Lo strippaggio con l'aria incrementa la velocità del processo di evaporazione naturale, aumentando l'area della superficie di contatto tra aria e acqua e al fine di rimuovere le sostanze volatili da quest'ultima. Lo strippaggio di gas o composti volatili, tuttavia, può richiedere un impianto dedicato, che assicuri un elevato tasso di trasferimento di massa dalla fase liquida alla fase gassosa. Gli aeratori a caduta d'acqua o a gradini per il trasferimento di ossigeno vengono progettati in modo che l'acqua fluisca sotto forma di film sottile per realizzare un efficace trasferimento di massa. In alternativa si può insufflare aria compressa tramite un sistema di tubi forati sommersi. Questo tipo di aeratori viene utilizzato per l'ossidazione chimica e la precipitazione di ferro e manganese. Lo strippaggio può

essere utilizzato per l'eliminazione di sostanze organiche volatili (es. solventi), alcuni composti causa di sapori e odori e radon.

1.4.2.4 Precipitazione chimica

Coagulazione e flocculazione rappresentano due dei diversi passaggi necessari per purificare l'acqua grezza al fine di conferirle caratteristiche adeguate.

(a) La Coagulazione
Un trattamento basato sulla coagulazione chimica è l'approccio più comune per il trattamento delle acque superficiali e si basa quasi sempre sui seguenti processi unitari.
I coagulanti chimici, in genere sali di alluminio o di ferro, vengono aggiunti all'acqua grezza in dosaggi controllati, per facilitare la formazione di idrossidi metallici, sotto forma di solidi flocculanti. La precipitazione dei fiocchi consente la rimozione di sostanze in sospensione e disciolte, attraverso meccanismi di neutralizzazione della carica ionica, adsorbimento ed intrappolamento. L'efficacia del processo di coagulazione dipende dalla qualità dell'acqua grezza, dal tipo di coagulante o di coadiuvanti della coagulazione utilizzati e da fattori operativi quali le condizioni di mescolamento, il dosaggio di coagulante e il pH. I fiocchi vengono rimossi dall'acqua trattata tramite successivi processi di separazione solido-liquido, come la sedimentazione o la flottazione e/o la filtrazione rapida a gravità. Il corretto funzionamento del processo di coagulazione si basa sull'ottimizzazione del dosaggio di coagulante e del valore di pH dell'acqua. Dosaggio e valore di pH corretti possono essere determinati mediante prove di coagulazione in serie su piccola scala, comunemente denominate "jar-test". Dosi crescenti di coagulante vengono aggiunte a campioni di acqua grezza, che vengono mescolati e poi lasciati sedimentare. Come dose ottimale viene selezionata quella alla quale si raggiunge la rimozione di colore e torbidità desiderata; il pH ottimale può essere determinato in maniera simile. Questi test devono essere condotti con frequenza sufficiente a seguire le variazioni nella qualità dell'acqua grezza e quindi aggiustare la quantità di coagulante necessaria. Durante la fase di coagulazione può essere aggiunto del Carbone Attivo in Polvere (PAC), per l'adsorbimento di sostanze organiche quali alcuni pesticidi idrofobi. Il PAC verrà rimosso come parte integrante dei fiocchi e smaltito con i fanghi prodotti. I fiocchi possono essere rimossi tramite sedimentazione, per ridurre il carico di solidi in arrivo alla successiva fase di filtrazione rapida a gravità. La fase di sedimentazione, in genere, avviene in vasche a flusso orizzontale o chiarificatori circolari a flusso verticale ascendente. In alternativa, I fiocchi possono essere rimossi tramite flottazione ad aria disciolta, processo in cui i solidi vengono a contatto con le bolle fini di aria che si attaccano ai fiocchi, causandone il galleggiamento sulla superficie della vasca, da dove vengono rimossi periodicamente sotto forma di uno strato di fango. L'acqua trattata tramite entrambi i processi viene inviata ai filtri rapidi a gravità, presso i quali vengono rimossi i solidi rimanenti. L'acqua filtrata può quindi essere inviata alle successive fasi di trattamento, quali ulteriori stadi di ossidazione e filtrazione (per la rimozione del manganese), l'ozonizzazione e/o l'adsorbimento su Carboni Attivi Granulari (GAC), per la rimozione dei pesticidi e di altre sostanze organiche in tracce, prima della disinfezione finale e dell'immissione dell'acqua trattata nella rete acquedottistica. La coagulazione è adatta per la rimozione di alcuni metalli pesanti e sostanze organiche a bassa solubilità, come certi pesticidi organoclorurati. Per le rimanenti sostanze organiche, la coagulazione è, in genere, inefficace a meno che tali sostanze non siano legate a materiali umici o sotto forma di particolato.

(b) La Flocculazione
Le sostanze e le particelle presenti nell'acqua potabile (argilla, sostanze organiche, metalli, microrganismi) sono spesso molto piccole e quindi non si separano dall'acqua per sedimentazione naturale. Per favorire il processo di decantazione, si aggiungono all'acqua dei composti "coagulanti", cosicché le particelle sospese si "attaccano" ad essi e creano degli agglomerati più grandi e pesanti. L'acqua viene mescolata delicatamente con grandi pale per distribuire il coagulante. Questo processo richiede circa 25 minuti. La flocculazione è il processo di lento mescolamento che favorisce la distribuzione del coagulante e la formazione dei fiocchi e

li fa venire in contatto con le particelle responsabili della torbidità per formare agglomerati più grandi che sedimenteranno più facilmente. Il fine è quello di produrre un fiocco di dimensioni, densità e compattezza appropriate per una efficace rimozione tramite sedimentazione e filtrazione. La formazione dei fiocchi dipende dalla velocità delle collisioni tra i fiocchi e le particelle e dalle modalità in cui i fiocchi si attaccano l'uno all'altro a seguito di tali collisioni.

1.4.2.5 Sedimentazione

Quando l'acqua sta ferma o si muove lentamente, le particelle sospese si depositano sul fondo. In genere per la vengono utilizzati due tipi di processo, la sedimentazione a flusso orizzontale e la chiarificazione a flusso ascensionale. L'effettiva rimozione dei fiocchi più grandi tramite sedimentazione contribuisce a produrre un'acqua filtrata di migliore qualità ed agevola il funzionamento dei filtri. Il tempo di ritenzione è il tempo medio che l'acqua impiega per defluire attraverso il bacino di sedimentazione. Se il bacino è dimensionato correttamente si ottiene un'elevata percentuale di rimozione dei solidi sospesi.

1.4.2.6 Filtrazione

Le sostanze presenti sotto forma di particolato possono essere rimosse dall'acqua grezza tramite filtri a sabbia orizzontali rapidi, a gravità o in pressione, o filtri lenti. L'acqua viene fatta passare attraverso una serie di filtri che bloccano e rimuovono le particelle ancora presenti. In genere si utilizzano letti di sabbia o carboni. La filtrazione lenta a sabbia è fondamentalmente un processo biologico, mentre gli altri sono processi di trattamento di tipo fisico. I filtri rapidi a gravità, orizzontali e i filtri in pressione possono anche essere utilizzati per la filtrazione diretta dell'acqua, senza pretrattamenti, ma essi sono in genere utilizzati per la filtrazione di acqua che ha già subito un pretrattamento di coagulazione e sedimentazione. La filtrazione diretta è un processo alternativo, in cui la coagulazione avviene all'interno dello stesso filtro, quindi l'acqua passa direttamente attraverso il mezzo filtrante e il precipitato, in forma di fiocchi (con i contaminanti), viene rimosso; l'applicazione della filtrazione diretta è limitata dalla capacità disponibile, all'interno del filtro, per ospitare i solidi rimossi.

I filtri rapidi a gravità
I filtri a sabbia rapidi a gravità sono in genere costituiti da vasche rettangolari aperte contenenti sabbia silicea (dimensioni 0,5-1,0 mm) per una profondità compresa tra 0,6 e i 2,0 m. L'acqua fluisce verso il basso, mentre i solidi si concentrano negli strati superiori del letto. Il carico specifico sul filtro varia generalmente da 4 a 20 m3/m2/h. L'acqua trattata viene raccolta attraverso degli ugelli alla base del filtro. I solidi accumulati vengono rimossi periodicamente tramite controlavaggio con acqua trattata, a volte preceduto da una prima pulizia della sabbia con un getto d'aria. In questo modo si produce un fango diluito che deve poi essere smaltito. Oltre ai filtri a sabbia monostrato, vengono usati anche filtri a doppio strato o multistrato. Tali filtri contengono materiali diversi, con una granulometria che passa da grossolana a fine seguendo la direzione del flusso dell'acqua. Vengono utilizzati materiali con densità appropriata, affinché dopo il controlavaggio venga ripristinata la segregazione nei diversi strati originari. Un tipico esempio di un filtro a doppio strato è il filtro a sabbia e antracite, che in genere consiste in uno strato dello spessore di 0,2 m di antracite da 1,5 mm sovrapposto ad uno strato di 0,6 m di spessore di sabbia silicea. Nei filtri multistrato possono essere utilizzati antracite, sabbia e granato (garnet). Il vantaggio dei filtri a doppio strato e multistrato sta nell'uso più efficiente di tutta la profondità del letto per la ritenzione delle particelle – il tasso di aumento delle perdite di carico può essere metà di quello di un filtro monostrato – il che permette di lavorare a portate maggiori senza favorire lo sviluppo delle perdite di carico. I filtri rapidi a gravità sono in genere usati per rimuovere i flocchi da acque già sottoposte a coagulazione. Possono anche essere utilizzati per ridurre la torbidità (e tutte le sostanze adsorbite) e gli ossidi di ferro e manganese dalle acque grezze.

I filtri grossolani
I filtri grossolani possono essere utilizzati per la prefiltrazione, a monte di altri processi, come la filtrazione lenta a sabbia. I filtri grossolani, con ghiaia grossolana o pietra frantumata come mezzo filtrante, possono trattare efficacemente l'acqua molto torbida. Il principale vantaggio della filtrazione grossolana è che quando l'acqua passa attraverso il filtro, le particelle vengono rimosse sia per filtrazione che per decantazione a gravità. I filtri orizzontali possono essere lunghi fino a 10 m e funzionano con portate di filtrazione che vanno da 0,3 a 1,0 $m^3/m^2/h$.

I filtri in pressione
A volte, quando c'è bisogno di mantenere il carico idraulico, per evitare la necessità di pompaggio dell'acqua in rete, vengono utilizzati filtri in pressione. Il letto filtrante è inserito in un contenitore cilindrico. I filtri in pressione più piccoli, in grado di trattare fino a circa 15 m^3/h, possono essere realizzati in plastica rinforzata con fibre di vetro (PRFV). I filtri in pressione più grandi, fino a 4 m di diametro, sono realizzati in acciaio adeguatamente rivestito. Il funzionamento e le prestazioni sono in generale analoghi a quelli descritti per i filtri rapidi a gravità e per il controlavaggio e lo smaltimento dei fanghi sono richieste attrezzature simili.

I filtri lenti a sabbia
I filtri lenti a sabbia consistono in genere in recipienti contenenti sabbia (di dimensioni variabili da 0,15 a 0,3 mm) per una profondità che va da 0,5 a 1,5 m. L'acqua fluisce verso il basso e la torbidità e i microrganismi vengono rimossi principalmente nello strato superiore di pochi centimetri di sabbia. Sulla superficie del filtro si sviluppa uno strato biologico complesso, detto "schmutzdecke", efficace nella rimozione dei microrganismi. L'acqua trattata viene raccolta nella parte inferiore del filtro o attraverso tubazioni poste sul fondo dello stesso. I pochi centimetri dello strato superiore della sabbia, contenenti i solidi accumulati, vengono periodicamente rimossi e rimpiazzati. I filtri lenti a sabbia vengono alimentati con una portata d'acqua tra 0,1 e 0,3 m3/m2/h. I filtri lenti a sabbia sono adatti solo per acque a bassa torbidità o acque che sono già state prefiltrate. Essi vengono utilizzati per rimuovere alghe e microrganismi, tra cui i protozoi, e, se preceduti da microfiltrazione o filtrazione grossolana, per ridurre la torbidità (e le sostanze adsorbite). La filtrazione lenta a sabbia è efficace anche per la rimozione delle sostanze organiche, tra cui alcuni pesticidi e l'ammoniaca.

1.4.2.7 Regolazione del pH

L'acqua fornita da una rete di distribuzione non dovrebbe essere né corrosiva (pH<7, acqua acida), né alcalina (pH>7). Un'acqua con pH<7 potrebbe favorire la corrosione di tubazioni e raccordi, con conseguente necessità di costose manutenzioni e pericolo di trasporto dei prodotti della corrosione fino all'utenza. In questo caso, il sistema di distribuzione e le opere di accumulo dovrebbero essere realizzati in materiali appropriati (es. PVC, polietilene). L'acqua con pH>7 è alcalina e potrebbe provocare incrostazioni calcaree, causa di minore capacità di flusso o malfunzionamento di valvole, contatori, ecc.

1.4.2.8 Disinfezione

La disinfezione è di importanza fondamentale per l'approvvigionamento di acqua potabile sicura. La distruzione degli agenti patogeni microbici è essenziale e molto spesso comporta l'uso di reagenti chimici, come il cloro. La disinfezione rappresenta una barriera efficace contro molti agenti patogeni (soprattutto i batteri) nel trattamento delle acque potabili e dovrebbe essere usata sia per le acque superficiali che e per le acque sotterranee soggette a contaminazione fecale. Un residuo di disinfettante viene utilizzato per garantire una protezione parziale contro le piccole contaminazioni e la proliferazione nel sistema di distribuzione. La disinfezione chimica di una fonte di acqua destinata all'uso potabile, caratterizzata da una contaminazione fecale, riduce il rischio complessivo di malattie, ma non necessariamente rende l'approvvigionamento sicuro. L'efficacia della disinfezione potrebbe rivelarsi insoddisfacente nei confronti di patogeni

inglobati all'interno di fiocchi o particelle, che li proteggono dall'azione disinfettante. Un'elevata torbidità può proteggere i microrganismi dagli effetti della disinfezione, stimolare la crescita di batteri e dare luogo ad una richiesta elevata di cloro. Un'efficace strategia di gestione complessiva dovrebbe contemplare barriere multiple, tra cui la salvaguardia delle fonti di approvvigionamento idropotabile e appropriati processi di trattamento, nonché la protezione durante le fasi di stoccaggio e di distribuzione, oltre alla disinfezione, al fine di prevenire o rimuovere il pericolo di contaminazioni microbiologiche. L'uso di disinfettanti chimici nel trattamento delle acque comporta in genere la formazione di sottoprodotti chimici. Tuttavia, i rischi per la salute rappresentati da tali composti sono estremamente limitati in confronto ai rischi derivanti da una disinfezione inadeguata, ed è quindi importante che la disinfezione non venga compromessa nel tentativo di controllare questi sottoprodotti. Alcuni disinfettanti utilizzati nel trattamento delle acque potabili, come il cloro, possono essere facilmente monitorati e controllati ed un monitoraggio continuo è raccomandato tutte le volte che viene praticata la clorazione. La disinfezione non dovrebbe mai essere compromessa nel tentativo di controllare i sottoprodotti di disinfezione.

I metodi di disinfezione più comuni sono: la clorazione, la cloramminazione, l'uso del biossido di cloro, l'ozonizzazione, l'uso dei raggi UV e i processi di ossidazione avanzata.

(a) La clorazione
La clorazione può essere realizzata utilizzando cloro in forma di gas liquefatto, soluzioni di ipoclorito di sodio, granelli di ipocolorito di calcio o generatori di cloro all'interno dell'impianto stesso. Il cloro in forma di gas liquefatto viene fornito in contenitori pressurizzati. Il gas viene prelevato dalla bombola e dosato nell'acqua per mezzo di un cloratore, che regola e misura la portata del gas. La soluzione di ipoclorito di sodio viene dosata per mezzo di una pompa elettrica volumetrica o un sistema di alimentazione a gravità. L'ipoclorito di calcio deve essere sciolto in acqua e poi mescolato con il flusso principale. Il cloro, sia in forma di gas contenuto in una bombola, sia in forma ipoclorito di sodio o ipoclorito di calcio, si dissolve in acqua formando acido ipocloroso (HClO) e ione ipoclorito (ClO^-). Si possono utilizzare diverse tecniche di clorazione, tra le quali la clorazione al punto di rottura (break point), la clorazione marginale e la superclorazione/declorazione. La clorazione al punto di rottura è un metodo nel quale il dosaggio di cloro è sufficiente ad ossidare rapidamente tutto l'azoto ammoniacale presente nell'acqua e ad assicurare un tenore di cloro libero residuo adeguato per proteggere l'acqua contro nuove infezioni dal momento della clorazione al momento in cui viene utilizzata. La superclorazione/declorazione consiste nell'aggiunta di elevate dosi di cloro per ottenere un effetto di disinfezione ed reazione chimica rapide, seguita dalla riduzione del cloro libero residuo in eccesso. Rimuovere il cloro in eccesso è importante per evitare che l'acqua abbia un sapore sgradevole. Viene usata principalmente quando la carica batterica è variabile o quando il tempo di ritenzione nel serbatoio (tempo di contatto) non è sufficiente. La clorazione marginale è utilizzata quando l'acqua approvvigionata è di elevata qualità e consiste nella semplice aggiunta di cloro al fine di ottenere il livello di cloro libero residuo desiderato. La quantità di cloro necessaria in questi casi è molto bassa e il punto di rottura non viene necessariamente raggiunto. La clorazione è utilizzata principalmente per la disinfezione microbiologica. Ad ogni modo, il cloro agisce anche come ossidante e può rimuovere o favorire la rimozione di alcune sostanze chimiche, per esempio con la decomposizione di pesticidi facilmente ossidabili, come l'aldicarb, l'ossidazione di specie disciolte (es. manganese(II)) con formazione di prodotti insolubili che possono essere successivamente rimossi tramite filtrazione, e l'ossidazione di specie disciolte a forme più facilmente rimovibili (es. da arsenite ad arsenato). Uno svantaggio nell'uso del cloro è la sua capacità di reazione con le sostanze organiche naturali. In ogni caso, la formazione dei sottoprodotti di disinfezione può essere tenuta sotto controllo ottimizzando il sistema di trattamento.

(b) La cloramminazione
Le clorammine (monoclorammina, diclorammina e "tricloramina" o tricloruro di azoto) sono prodotte dalla reazione del cloro con l'ammoniaca in soluzione acquosa. La monoclorammina è l'unica clorammina utile come disinfettante e le condizioni adottate nella cloramminazione sono

studiate per produrre esclusivamente monoclorammina. La monoclorammina è un disinfettante meno efficace rispetto al cloro libero, ma è persistente, ed è quindi un disinfettante secondario interessante per il mantenimento di un residuo di disinfezione stabile nel sistema di distribuzione.

(c) Il biossido di cloro
Sebbene storicamente il biossido di cloro non sia stato usato diffusamente per la disinfezione dell'acqua potabile, negli ultimi anni è salito alla ribalta, in relazione alla preoccupazione destata dalla produzione di trialometani associati alla disinfezione con il cloro. In genere, il biossido di cloro si produce immediatamente prima del suo utilizzo, con l'aggiunta di cloro in forma di gas o in soluzione acquosa (acido cloridrico) ad una soluzione acquosa di clorito di sodio. Il biossido di cloro si decompone in acqua in clorito e il clorato. Dato che il biossido di cloro non ossida il bromuro (in assenza di luce solare), il trattamento dell'acqua con biossido di cloro non porta alla formazione di bromoformio o bromato.

(d) L'ozonizzazione
L'ozono è un potente ossidante e ha diversi utilizzi nel trattamento delle acque, tra cui l'ossidazione delle sostanze organiche. L'ozono può essere usato come disinfettante primario. L'ozono in forma di gas (O3) si ottiene facendo passare aria secca o ossigeno attraverso un campo elettrico ad alta tensione. La risultante aria arricchita di ozono viene insufflata direttamente nell'acqua tramite diffusori porosi posti sul fondo della vasca di contatto. La vasca di contatto, grazie ad appositi setti, garantisce un tempo di contatto di 10-20 minuti. Almeno l'80% dell'ozono applicato si dovrebbe trovare disciolto in acqua, mentre la parte rimanente è contenuta nel gas di scarico, che viene fatto passare attraverso un distruttore di ozono e quindi scaricato in atmosfera. Le prestazioni dell'ozonizzazione sono legate al raggiungimento della concentrazione desiderata dopo un determinato tempo di contatto. Per l'ossidazione delle sostanze organiche, come per alcuni pesticidi ossidabili, in genere si utilizza un residuo di circa 0,5 mg/l dopo un tempo di contatto fino a 20 min. Il dosaggio richiesto per ottenere questo risultato varia in base al tipo di acqua ma varia tipicamente nel range 2-5 mg/l. Per le acque non trattate sono necessari dosaggi più elevati, a causa della richiesta di ozono per l'ossidazione delle sostanze organiche naturali. L'ozono reagisce con le sostanze organiche naturali per aumentarne la biodegradabilità, misurata in termini di carbonio organico assimilabile. Per evitare un'indesiderabile crescita batterica in distribuzione, l'ozonizzazione è generalmente usata in combinazione con ulteriori trattamenti, come la filtrazione o i carboni attivi granulari, al fine di rimuovere le sostanze organiche biodegradabili, ed è seguita da una clorazione, dato che non fornisce un disinfettante residuo. L'ozono è efficace per la degradazione di una vasta gamma di pesticidi e di altre sostanze organiche.

(e) I raggi UV
L'uso dei raggi UV nel trattamento dell'acqua potabile è in genere limitato ai piccolo impianti. I raggi UV, emessi da una lampada a vapori di mercurio a bassa pressione, per le lunghezze d'onda che vanno dai 180 ai 320 nm, hanno potere biocida. Possono essere usati anche per disattivare protozoi, batteri, batteriofagi, fermenti, virus, funghi ed alghe. La torbidità può inibire il processo di disinfezione tramite raggi UV. I raggi UV possono agire come forti catalizzatori nelle reazioni di ossidazione quando vengono utilizzati in combinazione con l'ozono.

1.4.2.9 Addolcimento

La durezza, ovvero la presenza di cationi multivalenti, in particolare calcio (Ca+2) e in misura minore il magnesio (Mg+2), non rappresenta un problema per quanto riguarda la salute. Viene di solito espressa in quantità equivalente di carbonato di calcio (mg/l di CaCO3), che viene utilizzata per classificare le acque da "leggere" a "molto dure". In funzione del pH e dell'alcalinità, una durezza superiore a circa 200 mg/l può provocare la formazione di depositi calcarei nelle tubature e in particolarmente nei sistemi di riscaldamento. Le acque leggere con una durezza fino a circa 100 mg/l hanno una bassa capacità tampone e possono essere più corrosive per i

tubi. Tuttavia, il grado di durezza dell'acqua può influenzarne l'accettabilità da parte dei consumatori in termini di gusto e depositi calcarei. La durezza provocata da calcio e magnesio è in genere rivelata dalla precipitazione della schiuma di sapone e della necessità di usare quantità di sapone eccessive per ottenere l'effetto pulente. L'accettabilità pubblica del grado di durezza dell'acqua può variare considerevolmente da una comunità all'altra, in base alle condizioni locali. In particolare, i consumatori sono in grado di rilevare le variazioni nella durezza dell'acqua. La soglia del sapore, per gli ioni di calcio, varia nel range 100-300 mg/l, in funzione degli anioni associati, e la soglia del sapore per il magnesio è probabilmente inferiore a quella relativa al calcio. In alcuni casi i consumatori tollerano acque con durezza superiore ai 500 mg/l. Le acque sotterranee possono essere caratterizzate da alti livelli di durezza, in particolarmente nelle zone dolomitiche.

Le acque "dure" possono essere trattate in diversi modi. La riduzione della durezza dall'acqua, definita addolcimento, può essere ottenuta attraverso: metodo calce e soda, scambio ionico, aggiunta di acidi e aggiunta di agenti chelanti a base fosforica. Gli ultimi due metodi non riducono la durezza, ma piuttosto riducono i problemi associati all'uso di acqua "dura".

Il trattamento per la riduzione della durezza con il processo calce e soda prevede l'aggiunta di calce spenta [$Ca(OH)_2$] all'acqua dura per rimuovere la durezza carbonatica per precipitazione, i cui residui vengono poi rimossi tramite filtrazione. La durezza non carbonatica viene a sua volta ridotta aggiungendo cenere di soda (Na_2CO_3) al fine di formare un precipitato insolubile, anch'esso rimosso tramite filtrazione. Questo particolare metodo di riduzione della durezza viene a volte utilizzato negli impianti di trattamento a servizio degli acquedotti pubblici, al fine di ridurre la quantità di calcio e magnesio nell'acqua distribuita. Pur risultando piuttosto efficace nella riduzione della durezza, esso non rappresenta un trattamento di rimozione completa. Il trattamento con calce e soda è particolarmente efficace se l'acqua presenta una durezza causata dalla presenza di bicarbonato (temporanea). Nei casi in cui il calcio e il magnesio si trovano principalmente in composti con zolfo e cloro, questo trattamento risulta molto meno efficace. La calce spenta viene utilizzata per rimuovere dall'acqua il bicarbonato di calcio. Nell'acqua da trattare gli ioni di idrossido di calcio (calce spenta) reagiscono con il bicarbonato di calcio per formare il carbonato di calcio, scarsamente solubile. Il precipitato viene generalmente rimosso prima con la sedimentazione, quindi tramite filtrazione. Per rimuovere il magnesio, viene ulteriormente aggiunta calce. Con questo passaggio si ottiene semplicemente una sostituzione del magnesio con il calcio. Se poi all'acqua si aggiunge poi la cenere di soda, il calcio precipita sotto forma di carbonato di calcio.

Lo scambio ionico è un processo nel quale gli ioni con carica simile vengono scambiati tra la fase acquosa e la fase solida della resina. L'addolcimento dell'acqua viene ottenuto tramite lo scambio di cationi. L'acqua viene fatta passare attraverso un letto di resina cationica, e gli ioni di calcio e magnesio nell'acqua vengono sostituiti da ioni di sodio. Quando la resina a scambio ionico è esausta (quando cioè gli ioni di sodio sono esauriti) viene rigenerata usando una soluzione di cloruro di sodio. Anche il processo di "dealcalinizzazione" può addolcire l'acqua. L'acqua viene fatta passare attraverso un letto di resina debolmente acida e gli ioni di calcio e di magnesio vengono rimpiazzati da ioni di idrogeno. Gli ioni di idrogeno reagiscono con gli ioni carbonato e bicarbonato per produrre biossido di carbonio. La durezza dell'acqua viene dunque ridotta senza nessun aumento dei livelli di sodio. Lo scambio anionico può essere usato per rimuovere contaminanti come il nitrato, che viene scambiato con il cloruro. Per i nitrati sono disponibili resine specifiche. Lo scambio cationico può essere usato per la rimozione di alcuni metalli pesanti. Potenziali applicazioni delle resine anioniche, oltre che la rimozione dei nitrati, sono la rimozione di ioni di selenio e arsenico.

1.4.2.10 Rimozione dei fanghi

Il trattamento delle acque produce residui, principalmente fanghi provenienti dai bacini di decantazione e acque di lavaggio utilizzate per la pulizia (controlavaggio) dei filtri. Il metodo di

eliminazione dei residui è diverso per ciascun impianto di trattamento a causa delle caratteristiche differenti dei residui generati. Il fango viene essiccato in lagune o letti di essiccamento, oppure viene disidratato tramite centrifugazione o filtropressatura e poi smaltito in discarica.

1.4.3 La desalinizzazione

1.4.3.1 Introduzione

La desalinizzazione è il processo di rimozione dei soluti disciolti nelle acque di mare o salmastre. Oggi esistono diverse tecnologie di desalinizzazione. Tutte queste tecnologie rimuovono i sali dall'acqua salata (ovvero consentono di produrre acqua dolce a partire dall'acqua salata), producendo un flusso d'acqua con un basso contenuto di sali (acqua prodotta) e un altro con un'elevata concentrazione dei sali rimanenti (eluato o concentrato). La maggior parte di queste tecnologie fanno affidamento o sulla distillazione o sulle membrane per separare i sali dall'acqua prodotta. Il processo usato più comunemente è l'osmosi inversa. L'osmosi inversa sfrutta la forza motrice della pressione idraulica per spingere l'acqua salata o salmastra attraverso una membrana semi-permeabile, rimuovendo la maggior parte dei sali e degli altri contaminanti disciolti. La tecnologia della desalinizzazione offre la possibilità di convertire la fonte quasi illimitata di acqua di mare e le apparentemente ingenti quantità di acque salmastre sotterranee in una nuova fonte di acqua dolce.

Gli elementi chiave di un sistema di desalinizzazione delle acque sono:

1) l'apporto di acqua marina o salmastra: le strutture utilizzate per estrarre acqua dalla fonte e convogliarla nel sistema di trattamento;
2) un pre-trattamento per la rimozione dei solidi sospesi, il controllo della crescita biologica e la preparazione dell'acqua per i successivi processi;
3) la rimozione dei solidi disciolti, principalmente sali e altri composti inorganici, dall'acqua;
4) un post-trattamento per prevenire la corrosione delle tubazioni a valle, tramite l'aggiunta di reagenti chimici all'acqua prodotta;
5) la gestione del concentrato: il trattamento e lo smaltimento o riutilizzo dei sali di risulta del processo.

1.4.3.2 L'acqua di mare

La salinità esprime la quantità totale di materiali disciolti, espressa in grammi, contenuta in un kg di acqua di mare. Quindi la salinità è una grandezza adimensionale. E' la quantità totale, in grammi, di materiali solidi disciolti in un kg di acqua di mare, quando tutto il carbonato è stato convertito in ossido, il bromo e lo iodio rimpiazzati dal cloro e tutte le sostanze organiche completamente ossidate. Dato che la definizione precedente risulta di difficile utilizzo pratico, poiché la salinità è direttamente proporzionale alla quantità di cloro nell'acqua di mare, e dato che il cloro può essere misurato accuratamente con una semplice analisi chimica, la salinità, indicata con S, è stata ridefinita con riferimento alla clorinità:

$S = 0{,}03 + 1{,}805Cl$

in cui la clorinità Cl è definita "la massa di argento necessaria per la precipitazione complete degli alogeni in un campione di 0,3285234 kg di acqua marina".

Tabella 1.3. *Composizione dell'acqua di mare, con salinità pari al 35 ‰*

Elemento	Simbolo	mg/l
Ossigeno	O	883.000
Idrogeno	H	110.000
Cloro	Cl	19.400
Sodio	Na	10.800

Magnesio	Mg	1.290
Zolfo	S	904
Calcio	Ca	411
Potassio	K	392
Bromo	Br	67
Carbonio	C	28
Fluoro	F	13
Stronzio	Sr	8

La salinità può essere correlata alla clorinità attraverso la relazione:
S = 1,80655Cl

Quest'ultima equivale alla precedente equazione per S=35. La salinità della maggior parte delle acque oceaniche varia da 34,60 a 34,80 parti per mille, cioè in un range di 200 parti per milione.

Nel periodo in cui furono adottate le definizioni di cui sopra, gli oceanografi avevano già iniziato ad utilizzare la scala di conduttività al fine di misurare la salinità.

1.4.3.3 I processi di desalinizzazione

I processi di desalinizzazione si dividono in:
(i) Metodi termici, i quali richiedono il riscaldamento dell'acqua al fine di produrre vapore acqueo. Se questo vapore viene diretto verso una superficie fredda, esso può esser condensato in una fase liquida contenente piccole quantità dei sali presenti in origine. Il principale metodo termico utilizzato è la distillazione, in cui l'acqua salata viene progressivamente riscaldata in una successione di recipienti a pressione decrescente.
(ii) Processi a membrana, i quali utilizzano una membrana semi-permeabile per la separazione dell'acqua dai sali e creare due zone a differente concentrazione, per produrre acqua dolce. Le membrane possono essere progettate per impedire o permettere il passaggio selettivo di certi ioni.
(iii) Processi a scambio ionico.

Di seguito viene fornita una breve descrizione dei principali processi di desalinizzazione.
(i). Processi di distillazione
La distillazione multi-fase in flash (MSF - Multi-Stage Flash Distillation) è la tecnologia di desalinizzazione più diffusa a livello mondiale. Consiste nel riscaldamento dell'acqua salata ad alte temperature e il passaggio della stessa attraverso recipienti con pressioni decrescenti al fine di produrre la massima quantità di vapore acqueo (acqua dolce).
La distillazione a multiplo effetto (MED - Multi-Effect Distillation) funziona a temperature più basse ma utilizza lo stesso principio di quella multi-fase in flash.
La distillazione a ricompressione (VC - Vapour Compression Distillation) è generalmente usata in combinazione con altri processi, in cui il calore per far evaporare l'acqua proviene dalla compressione del vapore, piuttosto che da uno scambio diretto di calore.
(ii). Processi a membrana
L'Osmosi inversa (RO – Reverse Osmosis) è un processo la cui forza motrice è la pressione con cui si forza il passaggio dell'acqua salata attraverso una membrana, le quale trattiene i sali.
La nanofiltrazione (NF)
L'ultrafiltrazione (UF)
La microfiltrazione (MF)
L'elettrodialisi (ED) è un processo indotto dal voltaggio e utilizza il potenziale elettrico per far migrare selettivamente i sali attraverso una membrana, permettendo di ottenere acqua dolce dalla soluzione di partenza.

Le tecnologie disponibili possono desalinizzare le acque provenienti da una grande varietà di fonti. La tabella seguente mostra la capacità di desalinizzazione in base al tipo di risorsa. Il 18% della capacità globale installata è localizzato in Arabia Saudita, seguito dal 17% negli Stati Uniti, dal 13% negli Emirati Arabi Uniti, dal 6% in Spagna e dal 5% in Kuwait (Wangnick/GWI, 2005).

Tabella 1.4. *Capacità globale di desalinizzazione per fonte d'acqua*

Tipo di risorsa	**% della capacità globalmente installata**
Acque marine	62
Acque salmastre	19
Fiumi	8
Acque reflue	5
Acqua pura	5
Salamoia	< 1

Fino al maggio 2009, il più grande impianto di desalinizzazione in funzione era l'impianto da 947.890 m³/d di Jubail-2, in Arabia Saudita. Il più grande impianto ibrido MSF-RO (distillazione multi-fase in flash e osmosi inversa) attivo è quello da 456.000 m³/d a servizio di Fujairah 1, negli Emirati Arabi Uniti. Inoltre, esistono altri cinque impianti con capacità superiore a 500.000 m³/d in costruzione nel Medio Oriente. Il più grande di questi è l'unità di Shoaiba 3, in Arabia Saudita (880.000 m³/d), che dovrebbe raggiungere a breve la piena operatività.

1.4.3.4 La distillazione multi-fase in flash (MSF)

La distillazione multi-fase in flash (MSF), un processo di circolazione forzata, è sicuramente la più affidabile di tutte le tecnologie di desalinizzazione ed è capace di una elevatissima produttività unitaria. Globalmente, la MSF è fra le tecnologie di desalinizzazione più diffuse. Utilizza una serie di camere, o sezioni, ciascuna con temperatura e pressione via via più basse, per vaporizzare rapidamente ("flash") l'acqua dalla massa liquida. Il vapore viene poi condensato attraverso il contatto con tubi attraverso i quali affluisce l'acqua di alimentazione, potendosi recuperare in questo modo energia dal calore della condensazione. Il numero di fasi del processo MSF è direttamente correlato all'efficienza del sistema nell'utilizzo e riutilizzo del calore fornito.

1.4.3.5 La distillazione a multiplo effetto (MED)

La distillazione a multiplo effetto (MED) è un approccio a pellicola sottile, in cui il vapore prodotto in una sezione ("effetto") si condensa poi nella sezione successiva, la quale ha temperatura e pressione inferiori, fornendo calore addizionale per la vaporizzazione. La tecnologia MED viene utilizzata sempre più di frequente, quando si preferisce o è richiesta un'evaporazione termica, per la limitata necessità di pompaggio e quindi il minor consumo di energia rispetto alla MSF. Gli impianti a MED erano inizialmente di dimensioni limitate, ma è in programma di utilizzare la tecnologia MED per un impianto di desalinizzazione da 800.000 m3/d a Jubail, in Arabia Saudita. A partire dai primi anni '90, la MED è stata il processo preferito per la desalinizzazione industriale a basso grado di calore. Gli impianti MED più grandi comprendono una sezione di compressione termica del vapore (TVC), in cui la pressione del vapore viene utilizzata (insieme al calore) per migliorare l'efficienza del processo.

1.4.3.6 La compressione del vapore (VC)

La compressione del vapore (VC) è un processo di evaporazione in cui il vapore proveniente dall'evaporatore viene compresso meccanicamente e il suo calore utilizzato per la successiva evaporazione dell'acqua di alimentazione. Le unità VC tendono ad essere piccoli impianti da meno di 3.000 m3/d che vengono utilizzati quando l'acqua di raffreddamento e il vapore a basso costo non sono facilmente disponibili. I sistemi VC possono funzionare anche con concentrazioni saline molto elevate e il processo VC è alla base di molti sistemi industriali a "scarico liquido zero".

1.4.3.7 L'osmosi inversa (RO)

Rispetto alla distillazione e all'elettrodialisi, l'osmosi inversa (RO) è relativamente nuova, con un buon successo commerciale nei primi anni '70. L'osmosi inversa è un processo di separazione tramite una membrana semipermeabile in cui, tramite pressurizzazione di una soluzione salina, l'acqua viene separata dal soluto (i materiali disciolti) passando attraverso una membrana. La forza motrice rappresentata dalla pressione idraulica è compresa tra 1 e 8.300 kPa. Il processo può essere descritto come una soluzione/diffusione controllata. Per la separazione non sono necessari calore o passaggi di fase. La maggior parte dell'energia richiesta per la dissalazione serve per la pressurizzazione dell'acqua di alimentazione. In pratica, l'acqua di alimentazione, salina, viene pompata in un contenitore chiuso dove viene pressurizzata contro la membrana. Quando una parte dell'acqua passa attraverso la membrana, nell'acqua di alimentazione rimanente aumenta il contenuto salino. Nello stesso tempo, una parte dell'acqua di alimentazione viene smaltita senza passare attraverso la membrana. Senza questo scarico controllato, la concentrazione salina dell'acqua di alimentazione pressurizzata continuerebbe ad aumentare, creando problemi come la precipitazione dei sali supersaturi o l'aumento della pressione osmotica attraverso la membrana. La quantità di acqua di alimentazione scaricata come eluato varia dal 10 al 50 percento del flusso in ingresso, in funzione del contenuto salino dell'acqua di alimentazione, della pressione e del tipo di membrana.

L'assemblaggio delle membrane consiste in un contenitore a pressione e una membrana, che permettano all'acqua di alimentazione di essere pressurizzata contro la stessa. La membrana deve essere in grado di sopportare tutta la pressione esercitata su di essa. Le membrane semi-permeabili hanno capacità diverse di far filtrare l'acqua dolce ed opporsi al passaggio dei sali. Nessuna membrana è perfetta nella sua capacità di trattenere i sali, quindi una piccola quantità di sali passa attraverso la membrana e si ritorva nell'acqua trattata.
Un sistema RO è costituito dai seguenti componenti di base:

- Pretrattamenti
- Pompa ad alta pressione
- Assemblaggio della membrana
- Post-tratttamenti

1.4.3.8 La nanofiltrazione (NF)

Le membrane da nanofiltrazione sono capaci di trattenere gli ioni bivalenti, causa della durezza delle acque, e i contaminanti più grandi, mentre forniscono una minore ritenzione degli ioni monovalenti. La nanofiltrazione può anche rimuovere i composti organici sintetici e i precursori dei sottoprodotti della disinfezione. Dunque, le membrane nanofiltranti sono utilizzate per l'addolcimento delle acque, per la rimozione delle sostanze organiche e dei solfati e di alcuni virus. Il processo di nanofiltrazione permette la rimozione attraverso una combinazione del meccanismo di soluzione/diffusione con gli effetti sterici e l'esclusione dielettrica. I pori nelle membrane da nanofiltrazione sono in genere più piccoli di 0,001 µm, il peso molecolare di cut-off varia da 1.000 a 10.000 Dalton.

1.4.3.9 L'ultrafiltrazione (UF)

Le membrane ultrafiltranti sono utilizzate per la rimozione dei contaminanti che influenzano il colore, i composti organici disciolti ad alto peso molecolare, i batteri e alcuni virus. Le membrane da ultrafiltrazione funzionano attraverso un meccanismo di setacciatura la cui forza motrice è la differenza di pressione attraverso una membrana con pori che vanno da 0,002 a 1 µm, con un peso molecolare di cut-off da 10.000 a 100,000 Dalton.

1.4.3.10 La microfiltrazione (MF)

Le membrane da microfiltrazione sono utilizzate per ridurre la torbidità e rimuovere particelle in sospensione, alghe e batteri. Le membrane da microfiltrazione funzionano con un meccanismo di setacciatura spinto da pressioni inferiori rispetto a quelle applicate con le membrane NF o UF, attraverso pori che vanno da 0,03 a 10 µm e con un peso molecolare di cut-off maggiore di 100.000 Dalton.

1.4.3.11 L'elettrodialisi (ED) e l'elettrodialisi inversa (EDR)

L'elettrodialisi è un processo di separazione elettrochimica, in cui gli ioni vengono trasferiti attraverso delle membrane a scambio ionico applicando una tensione in corrente continua, producendo come risultato acqua desalinizzata. I processi di elettrodialisi e di elettrodialisi inversa utilizzano membrane selettive e la forza motrice derivante dall'applicazione di una differenza di potenziale elettrico al fine di separare le specie ioniche dall'acqua. Le specie ioniche attraversano le corrispondenti membrane cationiche o anioniche in risposta al gradiente di potenziale elettrico, mentre nello scompartimento tra le membrane si ottiene un'acqua impoverita degli ioni. Il processo EDR è simile al processo ED, con l'eccezione dell'utilizzo di una inversione periodica della polarità. I processi ED ed EDR vengono utilizzati per dissalare le acque salmastre ma non le acque marine, poiché i costi aumentano significativamente all'aumentare della salinità o dei TDS.

1.4.3.12 Lo scambio ionico

I processi a scambio ionico utilizzano resine per rimuovere gli ioni indesiderati nell'acqua. Ad esempio, sia nelle abitazioni che negli impianti di trattamento a servizio degli acquedotti pubblici, per rimuovere ioni di calcio e magnesio dalle acque "dure" si utilizzano resine a scambio cationico. Lo scambio ionico viene utilizzato principalmente per l'addolcimento e la demineralizzazione delle acque, mentre le applicazioni dello scambio ionico nell'ambito dei sistemi acquedottistici sono limitate. In un processo di scambio ionico, l'acqua può essere dissalata tramite un primo passaggio attraverso una colonna di granuli di resina a scambio cationico, in grado di scambiare ioni idrogeno (H^+). Gli ioni idrogeno rimpiazzano i cationi in soluzione, che si legano alla resina scambiatrice. L'acqua viene quindi fatta passata attraverso una colonna di granuli di resina a scambio anionico, in grado di scambiare ioni idrossile (OH^-), i quali vengono rimpiazzati dagli anioni in soluzione e a loro volta reagiscono poi con gli ioni idrogeno presenti nell'acqua. Questo processo può produrre acqua quasi completamente deionizzata. Quando sono esauste, le resine scambiatrici possono essere rigenerate – le resine cationiche con acidi, quelle anioniche con basi. Il problema è che per la rimozione di una libbra di sali sono necessarie circa 1,5 libbre di acido e 1,5 libbre di base, al fine di rigenerare le resine scambiatrici. Questo processo è economicamente conveniente, rispetto ad altre tecniche di desalinizzazione, solo se la quantità di sali da eliminare dall'acqua è limitata. Di conseguenza, l'applicazione principale dello scambio ionico è nell'ambito della produzione di acqua ultrapura.

Così, alcune applicazioni di scambio ionico vengono utilizzate per l'affinamento finale delle acque in cui la maggior parte dei sali è già stata rimossa tramite i processi di osmosi inversa ed elettrodialisi.

1.4.3.12 Le unità mobili di dissalazione delle acque

Le unità mobili di dissalazione delle acque garantiscono la possibilità di una fornitura idrica di emergenza ovunque e in qualunque momento ciò si renda necessario. Le unità possono essere facilmente spostate (via aria, terra o tramite trasporto marittimo) e impiegate in aree colpite da siccità e situazioni di crisi idrica. Le unità mobili di dissalazione rappresentano un modo molto flessibile di fornire acqua potabile alle comunità, collegandosi ai sistemi locali di stoccaggio e distribuzione delle acque. Esse possono anche essere rapidamente e facilmente disinstallate e spostate in altre località una volta superata la situazione di crisi. Le unità mobili di dissalazione delle acque sono unità di trattamento delle acque – generalmente unità mobili di dissalazione a Osmosi inversa – che possono essere montate su camion o trasportate per via aerea permettendo rifornimenti idrici di emergenza, di breve durata, ma anche alimentazioni integrative in aree colpite da siccità o disastrate. Queste unità possono essere installate rapidamente nelle località soggette a carenze idriche, al fine di generare acqua potabile a partire da fonti locali contaminate o dall'acqua di mare per quanto riguarda gli insediamenti costieri. Le unità possono produrre acqua potabile a partire da una vasta gamma di fonti di acqua grezza, come pozzi, laghi, mari, lagune, fiumi ed oceani. Le unità, simili ad un grande rimorchio, possono avere varie dimensioni e utilizzano diversi trattamenti chimici e membrane per filtrare e purificare l'acqua e renderla adatta al consumo umano. L'acqua viene pompata dalla fonte grezza nell'unità di dissalazione, dove viene trattata con un polimero per iniziare la coagulazione. Successivamente viene fatta passare attraverso un filtro multistrato dove viene sottoposta a scambio ionico. Viene quindi pompata attraverso un filtro a cartuccia, in genere in cotone spiralato. Questo processo chiarifica l'acqua eliminando le particelle di dimensioni maggiori di 5 micron e quasi tutta la torbidità. L'acqua chiarificata va poi ad alimentare, attraverso una pompa ad alta pressione, una serie di moduli ad osmosi inversa. A valle del trattamento sono stati rimossi dal 90 al 99,9% dei solidi disciolti totali (TDS). L'acqua prodotta viene poi disinfettata con cloro prima dell'utilizzo. Le unità mobili di dissalazione sono disponibili in vari modelli e capacità. È importante notare che le unità mobili di dissalazione, simili agli impianti di dissalazione convenzionali a osmosi inversa, sono modulari; è quindi possibile aumentarne la capacità installando moduli e container aggiuntivi, secondo le necessità. Le unità mobili di dissalazione (la maggior parte delle quali utilizza la tecnologia dell'osmosi inversa) richiedono energia elettrica per il loro funzionamento. Queste unità possono funzionare con alimentazione elettrica monofase standard dalla rete. Tuttavia, per rendere queste unità in grado di operare autonomamente, anche in luoghi in cui l'alimentazione elettrica potrebbe essere intermittente o non disponibile, può essere fornito come parte dell'unità un modulo di alimentazione opzionale che utilizza generatori diesel.

1.5 (U.D. 5) Le reti di distribuzione

1.5.1 Introduzione

Spostare l'acqua dalle fonti di approvvigionamento fino all'utenza richiede una rete di tubazioni, pompe, valvole e altri accessori. Lo stoccaggio dell'acqua per far fronte alle fluttuazioni della domanda dovute alla variazione delle quantità utilizzate o alle necessità per la protezione antincendio richiede opere di accumulo, come cisterne e serbatoi. Le tubature, le opere di accumulo, e le infrastrutture di supporto vengono definiti nel complesso come il *sistema di distribuzione idrica*. Il sistema di distribuzione rappresenta l'investimento maggiore in relazione ad un acquedotto comunale. Tale rete è necessaria per fornire l'acqua ai singoli consumatori,

nella quantità e qualità richieste e con pressione adeguata, in tutto il territorio di competenza di un gestore dei servizi idrici.
In generale, un sistema di approvvigionamento idrico comprende i seguenti processi:

1. captazione e trasporto dell'acqua grezza
2. trattamento e stoccaggio dell'acqua
3. trasporto e distribuzione dell'acqua potabile

L'adduzione e la distribuzione, tecnicamente, rappresentano lo stesso processo, per mezzo del quale l'acqua è convogliata attraverso una rete di tubi, accumulata in maniera intermittente e pompata, se necessario, al fine di soddisfare la domanda e garantire pressioni adeguate nel sistema. La differenza tra le due è nei loro obiettivi, che influenzano le scelte di configurazione del sistema.

Il sistema di tubazioni viene spesso suddiviso in *condotte/tronchi di adduzione* e *condotte di distribuzione*. Le condotte di adduzione sono costituite da componenti progettati per trasportare grandi quantitativi su lunghe distanze. In genere le singole utenze non sono fornite direttamente dalle condutture di adduzione. Le condotte di distribuzione hanno diametri più piccoli rispetto a quelle di adduzione e, in genere, seguono lo schema topologico generale e l'allineamento delle strade cittadine. Questa rete di tubi più piccoli, con numerose derivazioni, rappresenta un passaggio intermedio, volto alla fornitura di acqua agli utenti finali. Le variazioni di flusso in questi sistemi sono molto più ampie rispetto a quelle caratteristiche del sistema di adduzione. Al fine di ottimizzarne il funzionamento, il sistema può prevedere l'installazione di diversi tipi di serbatoi, stazioni di pompaggio, serbatoi pensili e numerosi altri accessori. Per collegare o deviare tratti di tubazione vengono utilizzati *curve, giunzioni a T, a Y e a croce* e numerosi altri *raccordi*. *Idranti antincendio, valvole di sezionamento e di regolazione, sfiati* ed altri dispositivi di controllo e manutenzione sono frequentemente installati direttamente sulle condotte di distribuzione. Gli *allacciamenti*, detti anche *derivazioni d'utenza*, permettono il passaggio dell'acqua dalle condotte di distribuzione all'utenza finale.

1.5.2 Schemi di distribuzione

In funzione della modalità con cui l'acqua viene fornita, si possono distinguere i seguenti sistemi di distribuzione: (1) a gravità, (2) a pompaggio diretto e (3) misto. La scelta di una delle alternative di cui sopra è strettamente legata alle condizioni topografiche esistenti.

Lo *schema a gravità* sfrutta la topografia esistente. La fonte di approvvigionamento, in questo caso, è posizionata ad una quota superiore rispetto alla stessa area di distribuzione. La distribuzione dell'acqua può aver luogo senza necessità di pompaggi e comunque a una pressione accettabile. I vantaggi di questo schema sono:

- assenza di costi per l'energia elettrica;
- funzionamento semplice (minor numero di componenti meccanici, nessun bisogno di alimentazione elettrica);
- bassi costi di manutenzione;
- cambi di pressione più lenti;
- capacità tampone in caso di irregolarità.

Pur contribuendo a fornire adeguata pressione al sistema, le condizioni topografiche possono ostacolare estendimenti successivi. A causa del campo di variazione della pressione fissato, i sistemi a gravità sono meno flessibili per quanto riguarda le estensioni. Il principale problema di funzionamento è rappresentato dalla riduzione della capacità di flusso causata dalla formazione di sacche d'aria.

Nello *schema a pompaggio diretto*, il sistema funziona senza necessità di serbatoi di compenso per bilanciare la domanda. L'intera domanda viene direttamente pompata nella rete. Dato che l'andamento del pompaggio deve seguire le variazioni della domanda idrica, il corretto dimensionamento delle unità è fondamentale al fine di ottimizzare il consumo di energia. Si

dovrebbe anche prevedere una capacità di pompaggio di riserva, per far fronte a situazioni di irregolarità. I vantaggi del sistema a pompaggio diretto sono opposti a quelli dello schema a gravità. Con una buona progettazione ed una corretta conduzione, si può ottenere qualsiasi valore di pressione desiderato nel sistema. Tuttavia, questi sono sistemi caratterizzati da funzionamento e manutenzione piuttosto complicati e dipendenti da un'alimentazione elettrica affidabile. Sono quindi necessarie ulteriori precauzioni, come una fonte di alimentazione elettrica alternativa, modalità di funzionamento delle pompe in automatico, scorte di pezzi di ricambio, ecc.

Lo schema misto prevede un funzionamento che contempla stazioni di pompaggio e serbatoi di compenso. Parte dell'area di distribuzione può essere rifornita tramite pompaggio diretto e la parte rimanente a gravità. In questo caso è necessario un volume di stoccaggio considerevole ma la capacità di pompaggio sarà inferiore a quella dello schema a pompaggio diretto. Il sistema misto è comunemente utilizzato nelle zone collinari.

Le condizioni topografiche possono condurre all'utilizzo di zone di pressione. Attraverso la delimitazione di zone a pressione diversa, si possono ottenere risparmi assicurando la fornitura di acqua alle varie quote a costi di pompaggio più bassi e potendo utilizzare tubazioni di classe di resistenza inferiore grazie alle minori pressioni. Tecnicamente, le zone di pressione possono essere utili nel prevenire pressioni troppo alte nelle parti più basse della rete (si possono utilizzare valvole di riduzione della pressione), o per assicurare pressioni sufficienti nelle parti più alte (attraverso il pompaggio), quando la fonte di approvvigionamento si trova a quota inferiore.

1.5.3 Le configurazioni del sistema

In base al modo in cui le tubazioni sono interconnesse, si distinguono le seguenti configurazioni di rete: (a) a sviluppo lineare, (b) ramificata, (c) a maglie (ad anello), (d) miste.

Una *rete a sviluppo lineare* (Figura 1.7) è una rete senza ramificazioni o maglie chiuse, la configurazione più semplice in assoluto. Ha un'origine, una fine e alcuni nodi intermedi (punti di domanda). Ciascuno dei nodi intermedi collega due rami. La direzione del flusso è fissata, dall'origine alla fine del sistema. Queste reti sono caratteristiche in aree di distribuzione molto piccole (rurali) e nonostante non siano molto costose, esse non sono comuni a causa dei problemi legati al basso grado di affidabilità ed alla qualità dell'acqua, causati dalla stagnazione dell'acqua alla fine del sistema.

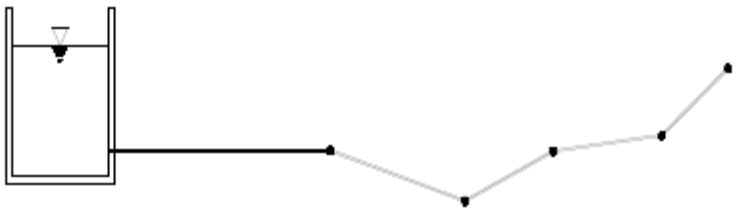


Figura 1.7. *Rete a sviluppo lineare*

Una *rete ramificata*, chiamata anche *sistema ad albero o dentritico* è una combinazione di reti a sviluppo lineare. Di solito è costituita da un punto di approvvigionamento e da molte terminazioni (Figura 1.8). In questo caso i nodi intermedi del sistema connettono un ramo a monte con uno o più rami a valle. La direzione del flusso, fissa, è determinata dalla distribuzione dall'origine alle terminazioni del sistema e l'acqua ha un solo percorso possibile dalla fonte di approvvigionamento all'utenza. I sistemi ad albero sono adeguati per piccole comunità, tenendo conto dei costi di investimento accettabili.

Tuttavia, rimangono gli svantaggi principali:

- bassa affidabilità;

- potenziale pericolo di contaminazione determinato dal fatto che gran parte della reti resta senz'acqua durante situazioni di irregolarità;
- accumulo di sedimenti dovuto alla stagnazione dell'acqua nelle terminazioni del sistema (rami “morti”), che occasionalmente causano problemi sapore e di odore sgradevoli;
- in caso di rotture nelle condotte tutte le utenze a valle della rottura subiranno un'interruzione del servizio idrico finché le riparazioni non saranno completate.

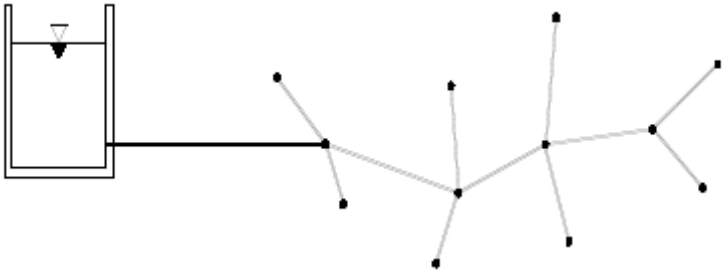


Figura 1.8. *Rete ramificata*

Nei *sistemi a maglie o ad anello* (Figura 1.9), come il nome stesso suggerisce, per arrivare dalla fonte a una determinata utenza l'acqua può seguire diversi percorsi. Questo sistema è caratterizzato da nodi che possono ricevere acqua da più di un ingresso. Questa è una conseguenza della struttura ad anello realizzata al fine di eliminare gli svantaggi dei sistemi ramificati. La configurazione ad anello più essere sviluppata a partire da un sistema ramificato, collegando le sue terminazioni, sia in una fase successiva che già dall’inizio, formando una serie di anelli. I problemi che si incontrano nei sistemi ramificati verranno eliminati nelle seguenti circostanze:

- i sistemi ad anello sono in genere preferibili ai sistemi ramificati perché, in combinazione con l’installazione di valvole appropriate, possono assicurare un livello di affidabilità superiore;
- l'acqua nel sistema fluisce in più di una direzione e una stagnazione duratura non si verifica così facilmente;
- in caso di rottura in una condotta, la rottura può essere isolata e riparata con un impatto limitato sulle utenze al di fuori dell'area direttamente interessata;
- durante le manutenzioni del sistema, l'area interessata continuerà ad essere rifornita da acqua proveniente da altre direzioni; nel caso di sistemi a pompaggio, un incremento della pressione determinato da una riduzione della fornitura, può anche favorire questo meccanismo;
- le fluttuazioni della domanda di acqua producono effetti minori sulle fluttuazioni della pressione.

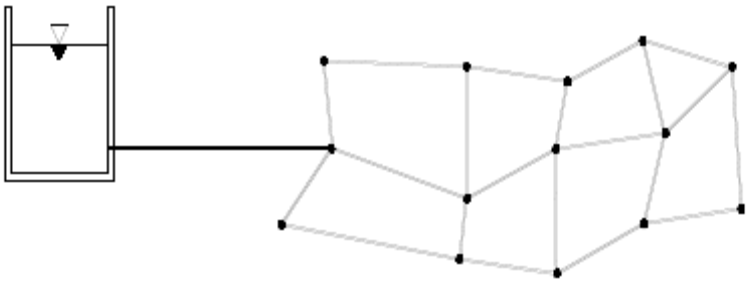


Figure 1.9. *Rete a maglie (ad anello)*

Un altro vantaggio della configurazione ad anello è che, poiché esiste più di percorso per l'acqua per raggiungere l’utenza, le velocità saranno inferiori e la capacità del sistema superiore. I sistemi ad anello sono molto più complessi, dal punto di vista idraulico, rispetto alle reti a sviluppo lineare o ramificate. Il regime di flusso in tale sistema è predeterminato non solo dalla configurazione ma anche dalle modalità di funzionamento del sistema. Ciò significa che la posizione del punto di pressione critica può variare nel tempo. In caso di alimentazione da più di

una fonte, l'analisi diventa ancora più complessa. I sistemi ad anello sono più costosi sia per quanto riguarda gli investimenti che per i costi operativi. Essi rappresentano soluzioni appropriate soprattutto per quelle aree di distribuzione urbane (o industriali) che richiedono un'elevata affidabilità nella fornitura di acqua di buona qualità.

La *rete mista* è il tipo di rete più comune per quanto riguarda le grandi aree urbane. La struttura ad anello costituisce la parte centrale del sistema, mentre l'approvvigionamento delle zone periferiche è realizzato attraverso un certo numero di linee di estendimento (Figura 1.10).

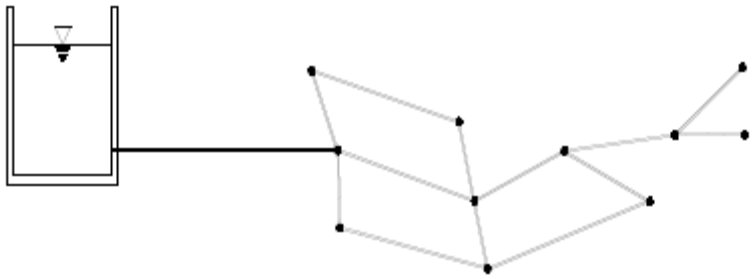


Figure 1.10. *Rete mista*

La configurazione del sistema è influenzata dalla topografia, dalla rete stradale, dalla posizione dei serbatoi ed altre strutture e dalle modalità di sviluppo dell'area da servire.

1.5.4 Le derivazioni d'utenza

Le derivazioni d'utenza collegano gli impianti interni con il sistema di distribuzione. La configurazione tipica consiste in: derivazione, condotta di allaccio, valvole di intercettazione di monte e di valle e contatore; può essere aggiunta anche una valvola di non ritorno. La derivazione dalla condotte di distribuzione può essere realizzata sulla parte superiore del tubo, lateralmente, con o senza collare di presa, ecc. Le derivazioni d'utenza vengono in genere effettuate da condotte di distribuzione in funzione (cioè in carico).

1.6 (U.D. 6) Dispositivi e tecniche di protezione

1.6.1 Valvole

1.6.1.1 Classificazione

Una valvola è un elemento che può essere aperto o determinare un certo grado di chiusura (strozzamento) per variare la resistenza al flusso, regolando il movimento dell'acqua attraverso una conduttura.
Le valvole utilizzate nei sistemi di distribuzione idrica si distinguono in base al principio di funzionamento, il ruolo nel sistema e le modalità di controllo. In generale, le valvole assolvono tre funzioni principali:

- regolazione del flusso e/o della pressione (valvole di regolazione della portata, di riduzione o di sostegno della pressione ecc.);
- esclusione di parti della rete per ragioni di emergenza o manutenzioni (valvole di sezionamento);
- protezione dei serbatoi e delle pompe (es: valvole a galleggiante, valvole di non ritorno).

Le valvole possono essere classificate nelle seguenti 5 categorie generali:

- Valvole di intercettazione;
- Valvole direzionali;

- Valvole regolatrici di livello;
- Valvole di sfiato e rompivuoto;
- Valvole di controllo.

Alcune valvole sono progettate per limitare automaticamente il flusso dell'acqua in base alle pressioni o alle portate, altre hanno funzionamento manuale e vengono usate per escludere completamente determinate porzioni del sistema. I comportamenti dei diversi tipi di valvola variano significativamente in base al software utilizzato. Questa sezione fornisce un'introduzione ad alcuni dei più comuni tipi di valvole e alle loro applicazioni.

Il funzionamento dell'elemento otturatore causa una turbolenza nel flusso, che genera una perdita di carico. L'entità di questa perdita è determinata dalla relazione tra la posizione della valvola e il coefficiente di perdita. I produttori in genere forniscono una scheda riepilogativa delle caratteristiche delle valvole per ogni specifico tipo di valvola e diametro. La forma costruttiva delle diverse valvole si basa sul movimento dell'elemento otturatore, che può essere lineare (ad esempio nel caso di valvole a saracinesca o a spillo) di rotazione (valvole a farfalla) o deformazione (valvole a membrana). Le valvole a saracinesca e a farfalla sono le valvole usate più utilizzate nel trasporto e nella distribuzione dell'acqua.

Il numero di valvole di sezionamento, nei sistemi di distribuzione abbastanza grandi, può essere alto, con la maggior parte di esse non utilizzata frequentemente. Nei casi in cui molte valvole devono essere azionate nell'arco di un breve periodo di tempo, si può utilizzare un dispositivo automatico, con velocità di chiusura regolabile. L'azionamento periodico delle valvole, noto come rigenerazione delle valvole, è parte della manutenzione ordinaria della rete, al fine di prevenire l'intasamento dei meccanismi.

Le valvole possono essere azionate manualmente o automaticamente. L'azionamento automatico è in genere collegato ad una programmazione (valvole a tempo), alla pressione o al livello dell'acqua (valvole a galleggiante, valvole di controllo della pressione, valvole di riduzione o di sostegno della pressione), alla portata o alla direzione del flusso (valvole direzionali e valvole di non ritorno) in qualche punto nel sistema. Al giorno d'oggi una grande varietà di dispositivi meccanici, idraulici ed elettronici è coinvolta nel controllo del funzionamento delle valvole, per mezzo di tecnologie sofisticate che rendono possibile anche l'azionamento in remoto.

1.6.1.2 Valvole di intercettazione

Il tipo di valvola più comune nei sistemi di distribuzione idrica è la valvola di intercettazione, che può essere chiusa manualmente per bloccare il flusso dell'acqua. Come il termine "intercettazione" suggerisce, lo scopo principale di queste valvole è quello di fornire alle squadre in campo la possibilità di escludere una porzione del sistema, ad esempio per sostituire una tubazione rotta o un raccordo che perde. I sistemi di distribuzione idrica ben progettati hanno valvole di intercettazione lungo tutta la rete, così che la manutenzione e le emergenze creano problemi al minor numero di utenze possibile. In alcuni sistemi, ad esempio, le valvole di intercettazione possono essere intenzionalmente tenute in posizione di chiusura per determinare i confini delle zone di pressione. Ci sono diversi tipi di valvole di intercettazione che possono essere usati, tra i quali le valvole a saracinesca (il tipo più comune), le valvole a farfalla, le valvole a globo e le valvole a spillo. Nella maggior parte dei modelli idraulici, l'introduzione di ciascuna e tutte le valvole di intercettazione potrebbe essere un livello di dettaglio non necessario. Invece, le funzionalità garantite dalla valvola di intercettazione (minori perdite, la possibilità di aprire e chiudere, e così via) possono essere viste come parte integrante di una tubazione.

La funzione prevalente delle valvole a saracinesca è quella di isolare una sezione di tubazione. Di conseguenza, queste valvole normalmente funzionano in posizione completamente

aperta/chiusa. La regolazione della portata è possibile ma non è comune. L'otturatore parzialmente esposto al flusso alla lunga si può allentare, compromettendo la tenuta quando si trova nella posizione di chiusura. Le prestazioni idrauliche delle valvole a saracinesca sono buone, l'otturatore viene estratto completamente nella posizione di apertura totale, riducendo le perdite localizzate al minimo; ciò risulta anche utile per le operazioni di pulizia meccanica della tubazione. Lo svantaggio, tuttavia, è rappresentato dal fatto che l'alloggiamento dell'otturatore richiede spazio aggiuntivo attorno alla valvola. Come prevenzione contro le onde di pressione (colpo d'ariete), le valvole a saracinesca devono sempre avere tempi di apertura o di chiusura lunghi, il che le rende poco adatte in situazioni in cui è richiesto un azionamento delle valvole più frequente. A volte può essere necessario parecchio tempo prima che una saracinesca di grandi dimensioni passi da una posizione estrema all'altra. Il processo diventa ancora più difficile durante l'apertura, poiché la spinta idraulica agisce solo su un lato dell'otturatore. Nel caso delle valvole di diametro maggiore, è raccomandato un by-pass, azionato da una valvola di deviazione più piccola, utilizzato per riempire d'acqua la sezione vuota ed equilibrare la pressione sull'otturatore.

Le valvole a farfalla hanno l'otturatore localizzato permanentemente all'interno della tubazione, con possibilità di ruotare attorno a un asse orizzontale o verticale. Quando la valvola è completamente aperta, il disco sarà posizionato in linea con il flusso, creando un'ostruzione che aumenta le perdite di carico rispetto a una valvola a saracinesca completamente aperta. Le valvole a farfalla sono diffusamente utilizzate nelle stazioni di pompaggio per le loro dimensioni compatte, perché si possono azionare più facilmente e sono più economiche rispetto alle valvole a saracinesca di dimensioni corrispondenti. Vengono utilizzate di frequente anche nelle reti di distribuzione, con lo svantaggio principale rappresentato dall'ostruzione creata dall'otturatore, che rende impossibile la pulizia meccanica della tubazione. In entrambi i casi, la valvola sarà usata prevalentemente in posizione completamente aperta/chiusa, ma è possibile anche ottenere un certo grado di regolazione della portata. Tuttavia, il loro utilizzo per la riduzione di pressioni elevate, a lungo andare può danneggiare l'otturatore. Anche in questo caso, l'azionamento troppo rapido della valvola è una potenziale fonte di onde di pressione.

1.6.1.3 Valvole direzionali

Le valvole direzionali, chiamate anche valvole di ritegno, valvole di non ritorno o valvole unidirezionali, sono usate per assicurare che l'acqua scorra in una direzione attraverso le tubazioni, ma che non possa fluire nella direzione opposta (riflusso). Una flusso in direzione opposta provoca la chiusura della valvola, che rimane chiusa finché non si ristabilisce la direzione di flusso originale. Quindi, queste valvole operano in posizione on/off, o completamente chiuse o completamente aperte dal flusso stesso. Le più semplici valvole di ritegno in genere usano un disco o una ribalta incernierata per evitare che il flusso viaggi nella direzione indesiderata. Ad esempio, una valvola di ritegno può essere installata sulla tubazione di mandata di una pompa per evitare il che il flusso che passa attraverso la pompa possa tornare indietro (il che potrebbe danneggiare la pompa). Se una pompa non ha una valvola di ritegno montata sulla mandata, l'acqua potrebbe rifluire attraverso la pompa quando non è in funzione. A volte le valvole di ritegno si possono trovare nelle condotte di distribuzione o come parte delle derivazioni d'utenza.

Dal punto di vista meccanico, alcune valvole di ritegno richiedono una certa differenza di carico prima di riuscire a chiudersi perfettamente e bloccare eventuali riflussi. Esse potrebbero consentire piccole quantità di flusso in senso inverso, il che potrebbe avere o non avere conseguenze degne di nota. Quando i sistemi idropotabili sono idraulicamente connessi a quelli destinati agli usi non potabili, un flusso inverso potrebbe essere disastroso. Queste situazioni, dette connessioni trasversali, rappresentano un serio pericolo per i distributori d'acqua e la possibilità che si verifichino tali eventualità, giustifica l'utilizzo di valvole di ritegno di maggior qualità. Un dispositivo, detto disconnettere, è progettato per essere altamente sensibile alle

inversioni del flusso, e spesso incorpora una o più valvole di ritegno in serie per prevenire il riflusso.
Benché siano disponibili in una vasta gamma di dimensioni e costi, le valvole di ritegno in genere sono molto piccole, semplici e/o poco costose. Le valvole di ritegno funzionano in maniera automatica e la maggior parte non è controllata da una persona o tramite un controllo esterno; di conseguenza, la maggior parte non ha nessuna maniglia o leva.

Un concetto importante per quanto riguarda le valvole di ritegno è la pressione di apertura, ovvero il valore minimo di pressione a monte al quale la valvola è in grado di funzionare. In genere la valvola di ritegno è progettata per una specifica pressione di apertura, e può quindi essere specificata in base al valore della stessa.

Ci sono diversi tipi di valvole di ritegno, utilizzate in una vasta gamma di applicazioni:
Una **valvola di ritegno a palla** è una valvola di ritegno nella quale l'otturatore, cioè la parte mobile in grado di bloccare il flusso, è un elemento sferico a palla. In alcune (ma non in tutte) le valvole di ritegno, la sfera è collegata ad una molla per aumentare la tenuta. Nei modelli senza molla, è necessario che l'inversione del flusso faccia muovere la palla verso l'apposito alloggiamento per ottenere la tenuta. La superficie interna del corpo principale delle valvole di ritegno a palla è di forma approssimativamente conica, per guidare la palla nell'alloggiamento e formare una guarnizione positiva mentre viene bloccato il flusso inverso. Le valvole di ritegno a palla sono in genere molto piccole, semplici ed economiche. Anche se la palla è più spesso metallica, essa può anche essere di altri materiali e, in casi specifici, può essere realizzata in resina artificiale. Esistono valvole di ritegno simili, in cui l'otturatore non è sferico, ma di altre forme, come la valvola a fungo, azionata da una molla. Le valvole di ritegno a palla non dovrebbero essere confuse con le valvole a sfera, che sono un diverso tipo di valvola in cui una sfera agisce come un otturatore regolabile al fine di fermare o indirizzare il flusso.

Una **valvola di ritegno a membrana** utilizza un diaframma di gomma flessibile posizionato per creare una valvola normalmente chiusa. La pressione sul lato di monte deve essere maggiore di quella sul lato di valle di un certo quantitativo, conosciuto come differenziale di pressione, per far sì che la valvola di ritegno si apra e permetta il flusso. Una volta che la pressione positiva cessa, la membrana torna automaticamente indietro alla posizione di chiusura originaria.

Una **valvola di ritegno a clapet o a battente** è una valvola di ritegno in cui l'otturatore, l'elemento mobile per bloccare il flusso, ruota attorno ad una cerniera (trunnion), potendosi trovare o all'interno della sede di passaggio, per bloccare il flusso inverso, o al di fuori, per permettere il flusso in avanti. La sezione trasversale di apertura della sede può essere perpendicolare alla direzione del flusso o avere una certa angolazione. Benché siano disponibili in varie dimensioni, le valvole a battente sono spesso le valvole di ritegno più grandi. Un'altra variante di questo meccanismo è la valvola Clapper, utilizzata in applicazioni inerenti la lotta antincendio e i sistemi di sicurezza antincendio. Un otturatore a battente si può aprire solo nella direzione del flusso in entrata. La valvola Clapper spesso comprende una molla che tiene l'otturatore in posizione di chiusura quando non c'è pressione in avanti.

Una **valvola di ritegno e di blocco** è una valvola di ritegno con controllo tramite selettore, per arrestare il flusso indipendentemente dalla direzione o dalla pressione. In aggiunta alla funzione di chiusura in risposta al riflusso o ad una pressione in entrata insufficiente (comportamento di una normale valvola di ritegno) essa può anche essere deliberatamente chiusa tramite un meccanismo esterno, prevenendo così qualsiasi flusso a prescindere dalla pressione in entrata.

Una **valvola di ritegno a pistone** è una valvola di ritegno nella quale l'otturatore, anche detto pistone, può essere sollevato al di fuori dalla sua sede dalla pressione più elevata esercitata dal fluido in ingresso, a monte, per permettere il flusso verso l'uscita, a valle. Una guida mantiene il movimento dell'otturatore su una linea verticale, così che la valvola possa poi riposizionarsi in maniera corretta. Quando la pressione di monte non è più maggiore di quella di valle, la gravità

o la maggior pressione di valle porterà l'otturatore ad abbassarsi, all'interno della sua sede, chiudendo la valvola per bloccare il flusso inverso.

Una **valvola a becco d'anatra** è una valvola di ritegno nella quale il flusso procede attraverso un tubo morbido che sporge dal lato a valle. La contro-pressione fa collassare il tubo, bloccando il flusso.

Più valvole di ritegno possono essere connesse in serie. Ad esempio, una valvola doppia valvola di ritegno viene spesso utilizzata come dispositivo di prevenzione del riflusso per evitare che acqua potenzialmente contaminata possa essere immessa per sifonamento nelle condotte dell'acquedotto pubblico. Esistono anche *doppie valvole di ritegno a palla*, nelle quali ci sono due combinazioni palla/sede sequenziali nello stesso corpo, per assicurare una chiusura perfettamente stagna, al fine di bloccare il flusso inverso, e valvole di ritegno a stantuffo, valvole di ritegno tipo wafer e valvole di ritegno a palla e cono.

1.6.1.4 Valvole regolatrici di livello

Molte Aziende dei servizi idrici utilizzano dispositivi detti valvole regolatrici di livello o valvole a galleggiante, installati nel punto in cui una tubazione entra in un serbatoio. Esse sono controllate automaticamente dal livello idrico dell'acqua nel serbatoio. Quando il livello del serbatoio raggiunge un determinato limite superiore, la valvola si chiude per prevenire l'ingresso di qualsiasi ulteriore flusso, eliminando così lo sfioro. L'elemento otturatore di una valvola a farfalla è collegato ad un corpo galleggiante o ad una serie di sensori a diverse altezze. Quando la tendenza del flusso si inverte, la valvola si riapre permettendo al serbatoio di caricarsi per far fronte alla domanda idrica. Partendo dal livello di partenza, man mano che il livello dell'acqua sale si avrà un progressivo strozzamento della valvola, finché non viene raggiunto il livello massimo. In questa posizione la valvola sarà completamente chiusa. Se il livello dell'acqua è al di sotto del livello critico, la valvola rimane totalmente aperta. La maggior parte dei pacchetti software, in una forma o nell'altra, acquisiscono automaticamente il comportamento delle valvole di livello, sia in corrispondenza del livello minimo che di quello massimo nel serbatoio, senza necessità di un inserimento esplicito. Se, invece, in un serbatoio non è prevista una valvola regolatrice di livello, è possibile che si abbia uno sfioro dal serbatoio stesso, e occorre procedere per passi per includere questo comportamento nel modello.

1.6.1.5 Valvole di sfiato

L'effetto dell'aria intrappolata in una tubazione può avere gravi effetti sul funzionamento e sull'efficienza di un sistema. Al formarsi di sacche d'aria nei punti più alti, si crea un restringimento della sezione di deflusso che produce inutili perdite di carico. Una tubazione con molte sacche d'aria può provocare strozzature tali da bloccare l'intero flusso. Inoltre, lo spostamento delle sacche d'aria può provocare improvvise variazioni della velocità di deflusso. Con il passaggio attraverso un restringimento della sezione, ad esempio una valvola di ritegno, una sacca d'aria può provocare onde di pressione e colpo d'ariete. Il colpo d'ariete può danneggiare le apparecchiature o allentare le giunzioni e causare perdite. Infine, il contatto con le sacche d'aria può accelerare la corrosione dei materiali costituenti le tubazioni, il che può portare ad una rottura prematura delle condotte. L'accumulo dell'aria si può verificare durante lo riempimento della condotta, ma anche durante il normale funzionamento. Ci sono tre principali cause della presenza di aria nelle condotte. In primo luogo, in fase di avvio la tubazione contiene aria, che deve essere evacuata durante la fase di riempimento. Quando la condotta è piena, la maggior parte dell'aria viene spinta verso valle ed espulsa attraverso idranti, rubinetti ed altri dispositivi meccanici. Gran parte dell'aria, comunque, rimane intrappolata nei punti più alti del sistema. In secondo luogo, l'acqua contiene il 2% circa in volume di aria, in base alla normale solubilità dell'aria in acqua. L'aria disciolta viene sprigionata dalla soluzione a seguito di un aumento della temperatura o di un calo della pressione, che si verificano nei punti più alti, a

causa dell'aumento di quota. Infine, l'aria può entrare attraverso apparecchiature quali pompe, raccordi e valvole, al verificarsi di condizioni di vuoto.

Oggi, nei sistemi acquedottistici vengono utilizzate diverse tipologie di valvole di sfiato automatiche, sulle mandate delle pompe e lungo le condutture. Le valvole di sfiato svolgono due importanti funzioni in un sistema di tubature. Esse mantengono l'efficienza di progetto e forniscono una protezione al sistema. L'efficienza del sistema viene mantenuta consentendo lo sfogo dell'aria, che può determinare restrizioni della sezione e incrementare i costi di pompaggio, attraverso le valvole di sfiato. La protezione è fornita dalla capacità di espellere e far entrare aria attraverso le valvole di sfiato durante il funzionamento del sistema, compresi l'avvio, l'arresto, e le condizioni critiche come le interruzioni di corrente elettrica o le rotture. La possibilità di espellere e far entrare aria durante tali condizioni riduce il potenziale pericolo di onde di pressione e colpo d'ariete normalmente associati alla presenza d'aria incontrollata o al verificarsi di condizioni di vuoto all'interno del sistema di tubature.

Ci sono tre tipi fondamentali di valvole di sfiato, le valvole a sfiato libero, le valvole di sicurezza rompivuoto e le valvole di sfiato combinate. E' importante capire le funzioni e i limiti di ciascun tipo di valvola, così che le valvole possano essere posizionate e dimensionate in maniera appropriata in base alle caratteristiche delle condutture.

Le *valvole a sfiato libero* sono probabilmente le valvole di sfiato più conosciute. La valvola ha un piccolo orifizio di precisione per rilasciare aria in pressione continuativamente durante il funzionamento della tubazione. La valvola a sfiato libero ha un galleggiante per rilevare la presenza dell'aria e un meccanismo di collegamento che permette l'apertura dell'orifizio mentre il sistema è in pressione. Una valvola a sfiato libero può anche essere usata tra una pompa centrifuga ad asse verticale e la relativa valvola di ritegno automatizzata, per prevenire onde di pressione nel tratto di tubazione tra la pompa e la valvola di ritegno. In questa applicazione, l'apertura della valvola di ritegno viene ritardata con un timer per permettere alla valvola di sfiato di scaricare l'aria presente nella colonna di pompaggio fino a raggiungere una velocità di flusso controllata nella condotta stessa. Poiché la valvola ha una limitata capacità di flusso sotto vuoto, occorre un timer anche per ritardare il riavvio della pompa, cosicché il livello dell'acqua nella colonna di pompaggio ha tempo di tornare al suo livello originale. Le valvole a sfiato libero hanno una limitata capacità di far entrare o espellere aria. Per questa ragione, in molti punti, lungo le tubazioni è richiesta sia la presenza di una valvola a sfiato libero che di una valvola rompi vuoto, al fine di espellere e far entrare grandi quantità d'aria.

Una *valvola di sicurezza rompivuoto* viene installata a valle delle pompe e nei punti più elevati per espellere grandi volumi d'aria durante l'avviamento delle pompe e la fase di riempimento delle condutture. La valvola permette anche l'ingresso di grandi volumi d'aria per evitare che si verifichino condizioni di vuoto nella tubazione e consentire il deflusso. Un galleggiante sale con il livello dell'acqua per chiudere la valvola quando l'aria è stata espulsa. A seguito di una perdita di pressione dovuta alle condizioni di deflusso, ad una rottura nella conduttura o alla cavitazione, il galleggiante si abbassa e permette all'aria di rientrare nelle tubature. Durante il normale funzionamento, il galleggiante è mantenuto in posizione di chiusura dalla pressione dell'acqua e non permette lo sfogo dell'aria accumulata. Per far sfogare l'aria durante il normale funzionamento del sistema è necessaria una valvola a sfiato libero.

Esistono due varianti di valvola rompivuoto. Un primo tipo di valvola rompivuoto è dotato di un sistema di chiusura ammortizzata, che controlla il flusso dell'acqua nella valvola al fine di ridurre i picchi pressione. Il sistema di chiusura ammortizzata è utile nei punti più alti, dove si possono verificare la cavitazione o variazioni istantanee di velocità. Un secondo tipo, la valvola a pozzo, è una valvola rompi vuoto dotata di un dispositivo di strozzamento, o un sistema di chiusura ammortizzata, destinato all'uso in accoppiamento con pompe centrifughe ad asse verticale. Tali pompe vengono avviate contro una colonna di pompaggio vuota e una valvola di ritegno a servizio della pompa chiusa, quindi hanno un avvio rapido e provocano un'accelerazione del flusso. Il dispositivo di strozzamento limita la velocità di scarico dell'aria in modo che l'onda di

pressione causata dalla colonna d'acqua quando raggiunge la valvola di ritegno della pompa, chiusa, venga minimizzata. Il dispositivo di strozzamento ha una seconda porta di aspirazione indipendente per permettere l'ingresso dell'aria nella tubazione all'arresto della pompa, in modo che il livello statico dell'acqua, che viene aspirata, possa essere ristabilito senza che si formino vuoti nella condotta di mandata. Il dispositivo di strozzamento a doppia porta dovrebbe avere una porta di aspirazione aperta separata dalla porta di scarico, in modo che il flusso dell'aria nel dispositivo non sia limitato esclusivamente allo scarico.

Le *valvole di sfiato combinate* mettono insieme le funzioni delle valvole rompi vuoto e delle valvole a sfiato libero e rappresentano la scelta ottimale per i punti più alti del sistema. Una valvola combinata contiene sia un piccolo orifizio per il rilascio dell'aria che una grande porta di aspirazione rompivuoto in un unico assemblaggio. Nelle valvole più piccole, il galleggiante e i meccanismi a leva sono contenuti in una configurazione a corpo singolo. Nelle valvole più grandi, una conformazione a doppio corpo, consistente in una valvola a sfiato libero collegata ad una valvola rompi vuoto, viene fornita come unità preassemblata in stabilimento. Le unità a corpo singolo hanno il vantaggio di essere più compatte e in genere meno costose. Le unità a doppio corpo sono vantaggiose per quanto riguarda il dimensionamento della valvola a sfiato libero e la manutenzione, poiché la valvola rompivuoto può rimanere in funzione anche mentre la valvola a sfiato libero viene isolata per la riparazione.

Combinando valvole a sfiato libero e valvole rompi vuoto di dimensioni diverse, si può creare una valvola combinata a doppio corpo per qualsiasi applicazione. Alcuni progettisti prevedono esclusivamente valvole combinate, perché queste includono tutte le funzioni delle valvole di sfiato ed eventuali errori nell'installazione non lascerebbero le tubazioni prive di protezione.

Le valvole di sfiato vengono installate su una tubazione per espellere e permettere l'ingresso dell'aria, al fine di prevenire condizioni di vuoto e onde di pressione collegate al movimento dell'aria. E' consigliabile installare valvole di sfiato nei seguenti punti lungo una conduttura:

1) Punti più alti: valvole di sfiato combinate;
2) Percorsi orizzontali lunghi: valvole a sfiato libero o valvole combinate poste a distanza compresa tra 380 e 760 metri l'una dall'altra;
3) Lunghe discese: valvole di sfiato combinate poste a distanza compresa tra 380 e 760 metri l'una dall'altra;
4) Lunghe salite: valvole rompivuoto poste a distanza compresa tra 380 e 760 metri l'una dall'altra;
5) Diminuzione della pendenza in salita: valvole rompivuoto;
6) Incremento della pendenza in discesa: valvole di sfiato combinate.

Inoltre, nei percorsi orizzontali molto lunghi, valvole a sfiato libero e valvole di sfiato combinate saranno utilizzate in maniera alternata lungo la conduttura. Si dovrebbe notare che le valvole combinate possono essere utilizzate in qualsiasi punto in luogo delle valvole a sfiato libero o delle valvole rompi vuoto, per fornire una maggiore capacità di espulsione dell'aria dalle condutture.

1.6.1.6 Valvole di controllo

Per qualsiasi valvola di controllo, detta anche valvola di regolazione, il settaggio è di importanza fondamentale. Per una valvola di regolazione di portata, il settaggio fa riferimento all'impostazione della portata, mentre per una valvola di regolazione a farfalla, fa riferimento al coefficiente di perdita localizzata. Per le regolazioni basate sulla pressione, ad ogni modo, il settaggio può essere riferito sia al gradiente idraulico che alla pressione che la valvola cerca di mantenere. I modelli si basano sul gradiente idraulico, così se viene utilizzato un settaggio in base alla pressione, è di fondamentale importanza avere non solo la corretta impostazione della pressione, ma anche la corretta quota della valvola. Una volta stabilite le impostazioni della valvola, il modello calcola il flusso attraverso la valvola e il carico idraulico (e le pressioni) in

ingresso e in uscita. Una valvola di regolazione è complessa per il fatto che, a differenza di una pompa che o è accesa o spenta, essa può trovarsi in uno qualunque di diversi stati.

Valvole di riduzione della pressione (PRVs). Le *valvole di riduzione della pressione (Pressure Reducing Valves, PRVs)* funzionano come un dispositivo di strozzamento automatico, per evitare che il carico idraulico a valle ecceda un valore prestabilito, e sono utilizzate nelle situazioni in cui elevate pressioni a valle potrebbero causare danni. Ad esempio in un collegamento tra due zone di pressione, senza una PRV, il carico idraulico nella zona a quota più elevata potrebbe determinare valori di pressione nella zona più bassa tali da far scoppiare i tubi o causare l'apertura delle valvole di sfiato. A differenza delle valvole di intercettazione, le PRV non sono associate ad un tubo ma sono esplicitamene rappresentate nell'ambito di un modello idraulico. Una PRV è caratterizzata, in un modello, dal carico idraulico a valle che tenta di mantenere, dalle sue modalità di controllo e dal suo coefficiente di perdita localizzata. Poiché la valvola introduce intenzionalmente perdite per raggiungere il carico richiesto, il coefficiente di perdita localizzata di una PRV rappresenta in realtà un problema solo quando la valvola è completamente aperta (senza produrre strozzature). Come le pompe, le PRV collegano due zone di pressione ed hanno due carichi idraulici associati, per cui alcuni modelli le rappresentano come collegamenti ed altri come nodi.

Le PVR vengono in genere utilizzate per la regolazione della pressione in porzioni isolate della rete quando essa diventa troppo alta. Quando la pressione a monte della valvola cresce sopra il valore prefissato, la valvola inizia a chiudere finché la pressione a valle non assume il valore prefissato. Se la pressione a monte è sotto il valore prefissato, la valvola si pone in posizione completamente aperta. Le valvole di riduzione della pressione funzionano anche come valvole di non ritorno: quando la pressione a valle è maggiore di quella a monte, la valvola è chiusa. Di conseguenza, queste valvole sono dotate di misuratori della pressione a monte e a valle al fine di garantirne il corretto funzionamento.

Esistono due tipi di valvole di riduzione della pressione dell'acqua, a funzionamento automatico o con pilota. In entrambi i casi il corpo è a globo o ad angolo. Le valvole ad azione diretta, il tipo più comune di valvole di riduzione della pressione dell'acqua, consistono in un corpo a globo con un diaframma in tensione, resistente al calore, collegato all’uscita della valvola, che agisce su una molla. Questa molla determina una tensione preimpostata nella sede della valvola, indotta tramite un meccanismo di equalizzazione della pressione, al fine di avere una regolazione precisa della pressione dell’acqua.

Le aziende dei servizi idrici, sia pubbliche che private, utilizzano pompe e stazioni di sollevamento per garantire adeguata pressione nelle condotte idriche, tale da rendere possibile la fornitura di acqua per lo spegnimento degli incendi, per far fronte alle perdite di carico al crescere delle quote nell’approvvigionamento degli edifici più alti e per assicurare l'approvvigionamento dei serbatoi pensili e nelle cisterne di accumulo. La maggior parte dei Regolamenti del servizio idrico prevedono la necessità di valvole di riduzione della pressione negli impianti privati, quando la pressione nelle condotte di distribuzione è superiore a 80 psi. Pressioni più elevate potrebbero portare alla rottura dei tubi, danneggiare gli impianti interni e mettere in pericolo le persone che li utilizzano. Pressioni elevate sono anche causa di sprechi di acqua. In un sistema con pressione corrispondente a 100 mwc scorre il doppio dell'acqua rispetto ad un sistema a 35 mwc. Gran parte di quest’acqua in eccesso viene sprecata.

Figura 1.11. *Valvola di riduzione della pressione*

Installata in serie, subito dopo il contatore dell'acqua nelle case, gli edifici commerciali e gli impianti produttivi, una valvola di riduzione della pressione abbassa automaticamente la pressione dell'acqua proveniente dalle condotte di distribuzione a valori ottimali.

L'acqua che entra nella valvola dalle condotte pubbliche viene spinta all'interno del corpo della valvola e diretta attraverso la camera interna controllata da un diaframma in tensione regolabile e da un disco. Anche se la pressione dell'acqua fornita è variabile, la valvola di riduzione della pressione assicura un flusso costante di acqua ad una pressione funzionale, finché la pressione di alimentazione non scende sotto il valore di pressione preimpostato della valvola.

Una valvola adeguatamente dimensionata previene un'elevata rumorosità di funzionamento o guasti precoci alla stessa valvola. Valvole di riduzione della pressione sovradimensionate possono portare a problemi come la trafilatura, in condizioni di flusso ridotto. In generale, il flusso minimo attraverso una valvola di riduzione della pressione dovrebbe essere il 10-15% della portata massima prevista nel sistema. Inoltre, le valvole di riduzione della pressione dovrebbero essere scelte in funzione del campo di variazione delle portata e della pressione indicati in letteratura, non sulla base del diametro delle tubazioni in cui dovranno essere installate. Si dovrebbe selezionare un regolatore la cui pressione di esercizio si attesti attorno al valore medio della sua gamma nominale.

L'approccio della riduzione della pressione in due fasi utilizza due valvole in serie al fine di ridurre o eliminare variazioni estreme tra la pressione dell'acqua nelle condutture in ingresso e la pressione finale desiderata. La riduzione in due fasi è consigliabile quando la pressione iniziale è molto alta, o quando il rapporto di riduzione desiderato è maggiore di 4:1, o nei casi in cui la pressione in ingresso varia notevolmente. Il vantaggio della riduzione seriale in due fasi è che la valvola non è soggetta a differenziali di pressione estremi, prolungando questo la vita utile della valvola e consentendo una regolazione della pressione più precisa.

L'installazione in parallelo utilizza due, o più, valvole di riduzione della pressione più piccole a servizio di una conduttura di grandi dimensioni. Questo approccio dovrebbe essere utilizzato ovunque ci sia un'ampia variabilità nelle esigenze di riduzione della pressione e dove è necessario mantenere una fornitura d'acqua continua. Le installazioni in parallelo offrono anche il vantaggio di fornire una maggior capacità, ove necessaria, rispetto a quella fornita da una singola valvola. Inoltre, la configurazione in parallelo migliora le prestazioni della valvola in caso di domanda fortemente variabile e permette la manutenzione della singola valvola senza dover bloccare il flusso dell'acqua, evitando così onerose interruzioni.

Valvole di sostegno della pressione (PSVs). Una valvola di sostegno della pressione (Pressure Sustaining Valve, PSV) strozza automaticamente la sezione di deflusso per prevenire che il carico idraulico a monte scenda al di sotto di un valore prefissato. Questa valvola è, in realtà, una valvola di riduzione a funzionamento invertito. In questo caso la sezione isolata della rete, dove deve essere garantita una certa pressione minima, si trova a monte della valvola. La valvola inizia a chiudere se la pressione a monte scende al di sotto del valore prefissato. Questo tipo di valvola può essere utilizzato nelle situazioni in cui un flusso non regolato si tradurrebbe in pressioni inadeguate per la porzione di monte del sistema. Esse sono spesso utilizzare per modellare le valvole di massima pressione. Come le PRVs, una PSV è in genere rappresentata esplicitamente nell'ambito di un modello idraulico e si caratterizza per la pressione che cerca di mantenere a monte, il suo stato e il suo coefficiente di perdita localizzata.

Valvole regolatrici di flusso (FCVs). Le *valvole regolatrici di flusso (Flow Control Valves, FCVs)* strozzano automaticamente la sezione di deflusso per limitare la portata attraverso la valvola ad un valore specificato dall'utente. Questo tipo di valvola può essere impiegato in tutti i casi in cui è opportuna un regolazione basata sulla portata, ad esempio quando un distributore di acqua ha un contratto con un'utenza che fa riferimento alla massima portata di utilizzo. Le FCVs non garantiscono che la portata non scenda al di sotto del valore prefissato, ma solo che tale valore non vena superato. Se la portata non eguaglia il valore prefissato, i pacchetti di modellazione in genere generano un avviso. Analogamente alle PRVs e alle PSVs, molti modelli supportano direttamente FCVs, che sono sono caratterizzati la maggior parte dei modelli supporta le FCVs, che si caratterizzano per la portata massima impostata, lo stato, il coefficiente di perdita localizzata.

Valvole di regolazione a farfalla (TCVs). A differenza di una FCV, in cui il flusso viene specificato direttamente, una valvola di controllo a farfalla (Throttle Control Valve, TCV) oscilla per aggiustare il suo coefficiente di perdita localizzata in funzione del valore di alcuni atre caratteristiche del sistema (ad esempio la pressione nel punto critico o il livello dell'acqua in un serbatoio). Spesso l'effetto di strozzamento relativo a una particolare posizione della valvola è noto, ma i valori del coefficiente di perdita localizzata in funzione della posizione sono sconosciuti. Questa relazione viene generalmente fornita dal produttore.

1.6.2 Idranti antincendio

Un *idrante antincendio* è una misura di protezione attiva contro gli incendi e rappresenta una fonte di acqua assicurata nella maggior parte delle aree urbane, suburbane e rurali servite dall'acquedotto pubblico al fine di permettere ai Vigili del Fuoco di attingere acqua dal sistema di approvvigionamento idrico pubblico al fine di estinguere gli incendi.

Un idrante antincendio non è altro che un grande rubinetto all'esterno. Esso ha fino a quattro bocchette, una su ogni lato, alle quali si possono avvitare saldamente le manichette antincendio. Per evitare manomissioni, le bocchette sono tenute chiuse tramite viti a testa pentagonale (a cinque lati) e possono essere aperte solo con una chiave speciale. Sulla parte superiore c'è una vite simile e a volte un volano subito sotto. Girando la vite e il volano si sblocca una valvola dentro l'idrante. Questo permette all'acqua di risalire da una tubazione sotterranea e di uscire dalle bocchette che sono state aperte. A differenza di un normale rubinetto, un idrante antincendio è progettato per funzionare completamente aperto o rimanere completamente chiuso. Potrebbe essere necessaria un'enorme quantità d'acqua, erogata per diverse ore, per spegnere un grande incendio urbano, e il tempo è sempre fondamentale per i Vigili del Fuoco.

Gli idranti antincendio si distinguono in genere in base all'installazione sottosuolo o soprassuolo. Le installazioni sottosuolo sono meglio protette dai danni provocati dal ghiaccio e dal traffico, ma d'altra parte possono essere inaccessibili in caso di necessità, per esempio se sono coperti da veicoli parcheggiati. La posizione esatta di un idrante nascosto dalla neve o dal ghiaccio può

essere individuata posizionando una targa con le relative coordinate sul muro dell'edificio più vicino. Il colore della targa deve permettere di distinguere tra valvole e idranti.

Gli idranti soprassuolo sono facili da individuare; sono in genere verniciati con colori brillanti, che variano in base alla capacità degli idranti. Tuttavia, molte persone li considerano antiestetici, e possono essere danneggiati dalle auto o da atti di vandalismo per l'uso illegale dell'acqua. Questo tipo di idrante viene generalmente installato con la valvola principale che mantiene la colonna montante dell'idrante asciutta quando non è in funzione. Un piccolo tubo di scarico alla base permette lo svuotamento della colonna montante dopo che l'idrante è stato usato. I vantaggi di tale configurazione sono che un idrante potenzialmente danneggiato non è causa di perdite. Inoltre, l'uso illegale dell'acqua è impossibile senza l'accesso alla valvola (sotterranea) e, infine, si previene il congelamento dell'acqua all'interno dell'idrante. In caso contrario, la colonna montante sempre piena d'acqua aumenterebbe i rischi potenziali ma permetterebbe anche un utilizzo più rapido.

Gli idranti vengono in genere posizionati in corrispondenza degli incroci stradali, al fine di garantire un agevole accesso da diverse direzioni. Lungo una strada, la distanza fra due idranti vicini è di circa 100-200 metri. Gli idranti non dovrebbero essere posizionati troppo vicini agli edifici in quanto la vicinanza dell'incendio o il rischio di crollo dell'edificio potrebbero impedirne l'uso. Per evitare danni causati dal traffico, essi dovrebbero anche non essere situati troppo vicini alle strade. La portata e la pressione richieste per gli idranti variano da caso a caso e sono collegate ai potenziali rischi e conseguenze dell'incendio. In generale, viene richiesta una portata minima ai fini antincendio tra i 30 e i 50 m3/h, a volte fino a 100 m3/h, presumendo una pressione di funzionamento minima maggiore di 10-15 MWC. Il criterio della pressione è di solito meno preoccupante, poiché i mezzi antincendio sono in genere provvisti di una pompa ausiliaria. E' comunque logico aspettarsi che la pressione nel sistema di distribuzione possa avere una caduta temporanea, a seguito dell'utilizzo a fini antincendio, che interesserà in qualche misura le utenze circostanti. Nel peggiore dei casi si può creare un vuoto nel sistema, che può essere causa di contaminazioni da riflusso o onde di pressione. Questa situazione può essere evitata se l'idrante viene collegato ad un mezzo antincendio dotato di serbatoio (di compenso) da cui viene presa l'acqua per estinguere l'incendio. Infine, gli idranti dovrebbero essere chiusi lentamente, al fine di prevenire picchi di pressione. A parte le situazioni irregolari, gli idranti possono essere usati per altri scopi, come la pulizia delle tubazioni, il controllo delle perdite, il lavaggio delle strade, ecc. Le reti di condutture a servizio degli idranti possono anche essere separate dalle reti di distribuzione idropotabile.

Figura 1.12. *Idrante*

1.6.3 Casse d’aria

Le *casse d'aria* (note anche come *camere d’aria*) e i *vasi di espansione* rappresentano un efficace mezzo di attenuazione delle sovrapressioni e delle pressioni negative del colpo d’ariete nelle tubazioni, dovute allo stacco delle pompe.
Il colpo d’ariete dovuto allo stacco delle pompe può determinare sovrapressioni a fronte delle quali potrebbero essere necessari o un eccessivo spessore delle tubazioni o qualche forma di protezione dal colpo d’ariete stesso. Il modo più efficace per prevenire pressioni negative e ridurre le sovrapressioni è l'utilizzo di casse ad aria compressa e vasi di espansione.

Esse funzionano spillando acqua dal sistema durante i transitori di alta pressione, acqua che viene richiamata nella tubazione durante i transitori a bassa pressione.

Una cassa d'aria è un recipiente in pressione che contiene acqua e un volume d'aria che è mantenuta grazie ad un compressore. Quando le pompe vengono spente e il flusso e la pressione nelle condotte di mandata diminuiscono, l'aria nella cassa si espande, come risultato dell'abbassamento della pressione, e l'acqua entra dalla cassa nel sistema.

Un vaso di espansione è un serbatoio relativamente piccolo, posizionato in modo che il livello normale dell’acqua coincide con la quota piezometrica. Il serbatoio alimenta il sistema per gravità, e il flusso d'acqua in uscita dallo stesso attenua l’effetto del transitorio a bassa pressione generato nella condotta di mandata della pompa a seguito dello stacco.

La tubazione di collegamento tra la cassa d'aria o il vaso di espansione e il sistema è dimensionato in modo da avere adeguata capacità idraulica quando il serbatoio si scarica, e di causare perdite di carico sufficienti a dissipare il transiente di energia ed evitare che la cassa o il vaso si riempiano troppo velocemente. Entrambi questi requisiti vengono soddisfatti grazie all'uso di un bypass.

1.7 (U.D. 7) Impianti d'utenza

1.7.1 Contatori d'acqua

Lo scopo delle misurazioni nei sistemi di distribuzione dell'acqua, è quello di fornire informazioni riguardo il comportamento idraulico della rete, utile per assicurarne il corretto funzionamento, la manutenzione e la progettazione delle estensioni successive della rete, oltre ad essere alla base della fatturazione dell'acqua. Il modo migliore per misurare o tener conto dell'acqua prodotta e poi venduta, per un'azienda idrica, è utilizzare contatori d'acqua. I contatori d'acqua sono importanti per l'azienda di gestione per le seguenti ragioni:

1. Rendono possibile addebitare alle utenze i consumi effettivi;
2. Permettono di verificare l'affidabilità del sistema;
3. Garantiscono equità tra tutti gli utenti, in quanto registrano l'utilizzo specifico;
4. Stimolano gli utenti a non sprecare l'acqua (soprattutto in confronto alle forniture a forfait);
5. Permettono all'azienda di gestione di monitorare il volume d'acqua in uscita dal sistema;
6. Sono utili per l'individuazione delle perdite e delle rotture nelle condotte del sistema di distribuzione idrica.

In molti paesi, i contatori d'acqua sono installati in ogni edificio residenziale o commerciale servito dall'acquedotto pubblico. I contatori d'acqua possono anche essere installati presso le fonti d'acqua, i pozzi, o lungo tutto il sistema idrico per determinare le portate in quella porzione del sistema. I contatori d'acqua, in genere, misurano e visualizzano il volume totale d'acqua transitato in metri cubi (m3) in un quadrante meccanico o elettronico. Alcuni contatori a quadrante elettronico possono visualizzare la portata istantanea oltre al consumo totale.

In ogni caso, la precisione è fondamentale, così come sono importanti la qualità e la buona manutenzione di questi dispositivi. Il funzionamento dei contatori d'acqua si basa su tre principi fondamentali: differenza di pressione, rotazione e onde magnetiche o ultrasuoni.

Ci sono diversi tipi di contatori d'acqua comunemente in uso. La scelta si basa sui diversi metodi di misurazione del flusso, il tipo di utenza, le portate da erogare e la precisione richiesta. I contatori sono classificati in due tipologie principali: contatori volumetrici e a velocità. Per ciascuno di questi tipi di contatore esistono delle varianti, per cui è disponibile una vasta gamma di contatori. I contatori che comprendono sia un totalizzatore volumetrico che un sistema di rilevamento della velocità sono noti come contatori combinati.

Molti contatori sono poco precisi alle portate molto basse. Questo errore aumenta con l'età. Altri problemi sono la possibilità di intasamento dovuta a sabbia o ruggine nei tubi e l'errata lettura del contatore. L'erogazione dell'acqua tramite contatore comporta la riduzione degli sprechi, per esempio, in Inghilterra e Galles, i consumi d'acqua delle utenze con contatore sono inferiori a quelli delle utenze senza contatore del 13%.

Contatori volumetrici (Positive Displacement Meters, PDM)

I contatori volumetrici, chiamati anche totalizzatori, sono un tipo di contatore meccanico utilizzato per la fatturazione dei consumi. In questo tipo di contatore, un volume noto di liquido viene fatto passare in una piccola cavità calibrata, seguendo il flusso dell'acqua. I contatori volumetrici funzionano grazie al continuo riempimento e svuotamento di queste cavità. La portata viene calcolata sulla base del numero di volte che queste cavità vengono riempite e svuotate. Il movimento di un disco nutante o di un pistone oscillante determina l'azione di una serie di ingranaggi che registrano il volume del liquido in uscita dal contatore. Esistono due tipi di contatori volumetrici: a disco nutante e a pistone. I *contatori a disco nutante* hanno un disco circolare posizionato all'interno di una camera cilindrica. Il disco è montato su un fuso. Il disco ruota o dondola quando una certa quantità di acqua passa attraverso la camera cilindrica. Il

movimento rotatorio del disco viene poi trasmesso al meccanismo che registra il volume d'acqua passata attraverso il contatore. I *contatori a pistone* hanno un pistone che oscilla avanti e indietro al passaggio dell'acqua attraverso il contatore. Ad ogni oscillazione corrisponde un volume d'acqua noto, e il movimento viene trasmesso a un totalizzatore attraverso un insieme di ingranaggi ad azionamento magnetico. Nelle normali condizioni di funzionamento (con una pressione di esercizio massima corrispondente a valori attorno ai 100-120 mwc e temperatura ambiente tra 0 e 40 ℃), tutti i contatori meccanici di piccole dimensioni sono piuttosto precisi e forniscono misurazioni con un margine d'errore del 2%. L'errore aumenta in caso di portate molto basse, fino al limite inferiore del campo di portata. Il contatore non è in grado di registrare flussi al di sotto di tale limite. D'altra parte, se il flusso che passa attraverso il contatore è troppo alto, l'elemento rotante si deteriora più rapidamente. Si dovrebbe quindi selezionare un modello con adeguata portata nominale. I produttori in genere forniscono informazioni circa il campo di variazione delle portate di funzionamento, la pressione di esercizio, la tolleranza nella precisione delle misure, ecc. Al di là delle condizioni di utilizzo estreme, un'ulteriore problema che riguarda i contatori d'acqua meccanici è la durezza dell'acqua, causa dell'intasamento dell'elemento rotante dopo un certo tempo. I contatori volumetrici vengono utilizzati per le utenze domestiche, le piccole aziende, gli hotel e i complessi residenziali.

Contatori a velocità

I contatori a velocità si basano sul principio per cui dalla misura della velocità dell'acqua attraverso una sezione di area nota si può ricavare la portata di flusso. I contatori a velocità sono adatti per la misura di portate elevate. I contatori a velocità sono di diversi tipi, tra i quali i contatori a turbina, a getto singolo o multigetto, ad elica, ad ultrasuoni, i tubi venturi e gli orifizi tarati.

I *contatori a turbina* hanno un elemento rotante che gira a velocità variabile in funzione del flusso d'acqua. La quantità d'acqua che passa attraverso il contatore è misurata in base al numero di giri.

I *tubi Venturi* hanno una sezione di diametro inferiore rispetto alla tubazione a monte. In base ai principi dell'idraulica, nel deflusso attraverso una tubazione, la velocità dell'acqua aumenta in corrispondenza di un restringimento della sezione. Viene misurata la differenza di pressione tra la sezione a monte e quella in corrispondenza del diametro più piccolo della strozzatura. La variazione di pressione è proporzionale al quadrato della velocità. Misurando la differenza nella pressione può quindi essere determinata la portata. I contatori a tubo venturi sono adatti per condotte di grandi dimensioni e non richiedono un'eccessiva manutenzione.

Gli *orifizi tarati* funzionano in base allo stesso principio dei tubi Venturi, con l'eccezione che, invece della strozzatura della sezione trasversale di deflusso, c'è un disco circolare con un foro concentrico. La portata viene calcolata in maniera simile al tubo Venturi, misurando la differenza di pressione.

Tubi Venturi e *orifizi tarati* possono anche essere posizionati in corrispondenza delle giunzioni principali, nei sistemi di adduzione, o nell'ambito di qualunque sistema di distribuzione dell'acqua in cui devono essere misurate grandi quantità d'acqua. Entrambi i tipi di misuratore sono di semplice realizzazione e non richiedono alcun dispositivo elettronico; un manometro differenziale è l'unico apparecchio di misura. Per determinare la velocità media del flusso devono essere noti la geometria delle sezioni trasversali e i coefficienti di perdita localizzata basati sulla contrazione del flusso o sulla forma dell'orifizio.

I misuratori di portata determinano in qualche modo un ostacolo al deflusso, generando perdite idrauliche e limitando la manutenzione delle tubazioni. I contatori che non hanno parti mobili e non presentano alcuna ostruzione fisica si basano sulla misurazione del campo magnetico o degli ultrasuoni.

I *misuratori di portata a ultrasuoni* utilizzano le onde ultrasoniche per campionare il profilo di velocità nel tubo. I misuratori utilizzati per l'acqua potabile si basano in genere sul principio del tempo di transito, che prende in considerazione la velocità di propagazione del suono nell'acqua. Due trasduttori di rumore sono installati lungo un breve tratto di tubo scambiandosi onde sonore diagonali in direzione opposta. Poiché il suono che viaggia contro corrente richiede più tempo per raggiungere il ricevitore rispetto a quello che viaggia nella stessa direzione del flusso, viene registrata una differenza tra le frequenze sonore dei due segnali, proporzionale alla portata. Se i trasduttori sono installati sui lati opposti del tubo, lo scambio di onde sarà diretto. Tuttavia essi vengono più spesso installati sullo stesso lato del tubo, creando una riflessione dell'onda emessa da un trasduttore da parte della parete opposta del tubo, prima che venga ricevuta dal secondo trasduttore, il che accresce la precisione della misurazione. I misuratori di portata a ultrasuoni sono una soluzione meno precisa ma più economica rispetto ai misuratori magnetici. Il loro principale vantaggio è la facilità di installazione, che rende possibili misure mobili in varie sezioni della rete. In fase di calibrazione del dispositivo di misurazione, si deve tener conto del diametro del tubo, del materiale e dello spessore delle pareti.

I *misuratori magnetici* creano un campo magnetico in CC che è influenzato dal flusso dell'acqua. Di conseguenza si genera una piccola corrente elettrica, proporzionale alla velocità del flusso, da cui si può risalire al profilo di velocità lungo la sezione trasversale del tubo. Un sensore, che emette impulsi verso il trasmettitore di misura, riceve le onde che indicano la velocità del flusso. I misuratori magnetici sono apparecchiature molto precise ma piuttosto sofisticate e costose per un'utilizzazione diffusa. Sono ampiamente usati per misurazioni dei grandi flussi presenti nelle stazioni di sollevamento e nei tronchi di adduzione principali. I sensibili componenti elettronici possono limitare la loro applicazione in luoghi con temperature estreme e umidi, se non è possibile attuare un'adeguata protezione.

Figura 1.13 *Misuratore magnetico Krohne® Enviromag 2000*

I *sensori di velocità* sono contatori meccanici usati per le misure di portata nelle linee di distribuzione di piccole e medie dimensioni. Questi contatori registrano la quantità d'acqua che passa in base alla velocità di rotazione di un rotore o una girante orizzontale o verticale, che viene poi trasferita ad un contatore o registratore. I modelli più grandi sono generalmente prodotti in diametri che vanno dai 40 ai 500 mm. I sensori di velocità più piccoli vengono utilizzati prevalentemente negli allacciamenti d'utenza nelle aree residenziali. Vengono prodotti per diametri dei tubi tra 15 e 40 mm e possono essere sia a getto singolo che a multigetto.

I *contatori a elica* hanno un rotore a forma di ventaglio che gira con il flusso dell'acqua. Un registratore è collegato al rotore per registrare le letture.

I *contatori multigetto* hanno una camera con aperture tangenziali per dirigere il flusso dell'acqua verso un rotore con molti vani. La portata misurata è proporzionale alla velocità del rotore.

Contatori combinati

In alcuni casi, è necessario avere un contatore combinato – un contatore volumetrico e uno a velocità installati insieme – per essere in grado di misurare sia portate elevate che basse. Le portate basse vengono misurate dal contatore volumetrico, mentre le portate elevate da quello a velocità. Un sistema di valvole dirige il flusso nelle diverse sezioni del misuratore.

The massive use of water meters in any sizeable distribution system, specifically those used for billing purposes, often demands laborious work in collecting all the records. To save time, different kinds of electronic recorders or loggers can be installed with the flow meters, to enable reading and storage of the measurements. These can be directly connected, or carried to the data processing devices. In recent times, reading on the spot has also been possible without direct access to the water meter, which substantially increases the work efficiency and does not disturb the customers. The most recently developed methods are a wireless (radio) connection between the sensor and the logger allowing remote reading (i.e. without leaving the vehicle).

L'uso massiccio dei contatori d'acqua in ogni sistema di distribuzione di dimensioni significative, in particolare di quelli utilizzati ai fini della fatturazione, richiede spesso un lavoro intenso per quanto riguarda la raccolta delle registrazioni. Per risparmiare tempo, diversi tipi di registratori o logger elettronici possono essere installati con i contatori d'acqua, per consentire le letture e l'archiviazione delle misure. Queste possono essere collegate direttamente o trasferite ai sistemi di elaborazione dei dati. Negli ultimi tempi, la lettura sul posto è diventata possibile anche senza accesso diretto al contatore, il che accresce sostanzialmente l'efficienza operativa e non disturba gli utenti. I metodi sviluppati più di recente consistono in connessioni wireless (via radio) tra il sensore e il registratore, permettendo la lettura in remota (cioè senza che l'addetto debba lasciare il veicolo).

1.7.2 Regolatori di flusso

La regolazione del flusso è spesso molto importante per il buon funzionamento di una rete di distribuzione idrica. Sul mercato esistono diversi dispositivi realizzati per la regolazione automatica o manuale del flusso. I dispositivi più semplici sono normali valvole, come quelle descritte in precedenza. Va ricordato che per la regolazione del flusso nei ramificazioni con diametri molto grandi, una "valvola a farfalla" è la più appropriata per la regolazione del flusso. Tuttavia esiste una vasta gamma di altre valvole elettroniche appositamente progettate, dotate di sensori, che possono essere più sensibili e più precise per la regolazione del flusso. La varietà di tali regolatori può essere desunta dai cataloghi tecnici delle aziende produttrici.
I regolatori di flusso possono essere necessari anche a monte dei contatori a servizio delle singole utenze. La regolazione può essere ottenuta stabilizzando e limitando la pressione a monte del contatore d'utenza.

CAPITOLO 2

La Mappatura delle Reti

2 LA MAPPATURA DELLE RETI

La mappatura delle reti è una fase fondamentale per la modellazione e la simulazione del funzionamento del sistema di distribuzione idrica.

Convenzionalmente, i dati sulle reti venivano raccolti ed archiviati in formato cartaceo. Questo non solo rappresenta un processo molto laborioso e soggetto ad errori, ma è anche poco efficiente. Anche la mappa del sistema di distribuzione idrica di una città di media grandezza consiste in decine di tavole. Inoltre, le stampe di dettaglio delle sezioni trasversali incrementano tale numero. Gestire un sistema di distribuzione idrico tramite mappe cartacee è un'impresa molto difficile.

A titolo di esempio, si può far riferimento all'esperienza dell'azienda di gestione dei servizi idrici di Los Angeles (LADWP, Los Angeles Department of Wter and Power) che è passata dalle mappe cartacee ad un sistema GIS completo.
Il direttore del servizio GIS-Acqua della LADWP, Kien Hoang, ha riassunto la situazione con queste frasi: "Abbiamo affrontato la sfida di gestire manualmente i dati relativi alle nostre infrastrutture fin dalla metà degli anni '80. Tutte le informazioni venivano gestite manualmente. Questo comportava un impatto crescente sui costi di bilancio relativi a personale e formazione, man mano che la città cresceva. I dipendenti impiegavano la maggior parte del tempo ad aggiornare manualmente i disegni e distribuire le mappe su richiesta. Inoltre, dato che le mappe erano cartacee, altri servizi ne facevano delle copie; copie che sarebbero diventate a breve obsolete, dato che le mappe venivano continuamente aggiornate. I vari servizi nell'ambito della nostra organizzazione si trovavano ad utilizzare mappe non accurate e questo causava inefficienze. Ad esempio, i Vigili del Fuoco operavano con mappe obsolete e non potevano risalire all'esatta collocazione degli idranti o il Dipartimento del gas non conosceva la posizione precisa delle linee idriche sotterranee" (Labay 2010). Tra i tanti casi studio relativi alla mappatura delle reti idriche, vale la pena di leggere il caso Gatebook, relativo all'automazione del sistema di distribuzione idrica della città di San Francisco (Shaukat et al., 2010).

2.1 (U.D. 1) GIS, CAD ed alter tecnologie

Data l'estensione territoriale e la natura dei sistemi di approvvigionamento idrico, la gestione di dati geospaziali è un aspetto importante. Essa viene realizzata tramite una serie di sistemi, nell'ambito generale dei sistemi di gestione dei dati spaziali (SDMS, Spatal Data Management Systems), utilizzati per raccogliere, archiviare e utilizzare questi dati spaziali. In alcuni casi, i vari sistemi sono integrati, in altri sono indipendenti l'uno dall'altro (EPA, 2005).

2.1.1 Progettazione e disegno assistito dall'elaboratore (CAD)

I sistemi CAD (Computer Aided Design) sono stati a lungo fondamentali nella progettazione dei sistemi e degli impianti di distribuzione dell'acqua e per la gestione delle mappe del sistema idrico. La maggior parte delle aziende di gestione e dei progettisti esterni utilizzano pacchetti commerciali quali AutoCAD, Intergraph o MicroStation. Molte aziende di gestione dei servizi idrici utilizzano modelli dei sistemi di distribuzione integrati con i pacchetti CAD (EPA, 2005).

2.1.2 Sistemi Informativi Geografici (GIS)

Un GIS (Geographical Information System) è un sistema informativo computerizzato pensato per lavorare con dati referenziati tramite coordinate spaziali o geografiche. (Star e Estes, 1990).

A differenza di una mappa cartacea, dove “quello che vedi è quello che puoi ottenere”, un GIS può presentare molti strati (layers) con diverse informazioni (ESRI, 2002). I GIS si distinguono da altri sistemi informativi per il fatto che forniscono anche la possibilità di gestire, analizzare e rappresentare le conoscenze geografiche. Un sistema GIS di successo è costituito dalla composizione armoniosa di hardware, software, dati, persone e metodi. Inoltre, è importante considerare la natura interdisciplinare dello sviluppo e delle applicazioni dei GIS. La Fig. 2.1 individua alcune delle tante discipline che hanno influenzato lo sviluppo dei GIS (Morad e Connolly, 2004).

Lo sviluppo dei GIS è iniziato alla fine degli anni ’50, ma i primi software GIS sono usciti solo verso la fine degli anni ’70 dai laboratori dell’Istituto di Ricerca sui Sistemi Ambientali (ESRI, Environmental Systems Research Institute), in California. I primi sistemi GPS (Global Positioning System) sono entrati in funzione nel 1985. Nonostante i problemi di sensibilità, questo sistema facilitava l’inserimento dei dati ed è così diventato uno dei principali sistemi integrativi dei GIS.

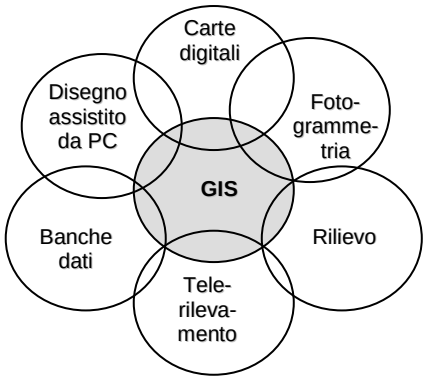


Figura 2.1. La natura interdisciplinare dei GIS (da Morad e Connolly, 2004)

La maggior parte dei sistemi GIS organizza i dati per strati, ciascuno dei quali contiene un insieme di informazioni che è logicamente riferito alla sua collocazione geografica (Fig. 2.2). Ci si riferisce ad ognuna di queste differenti mappe tematiche come layer o livello. Ogni strato è precisamente sovrapposto agli altri, così che ogni posizione è collegata alla posizione corrispondente in tutte le altre mappe. Lo strato di base di questa rappresentazione è di importanza fondamentale; esso rappresenta il sistema di riferimento rispetto al quale tutte le mappe sono state accuratamente referenziate. (Johnson, 2009)

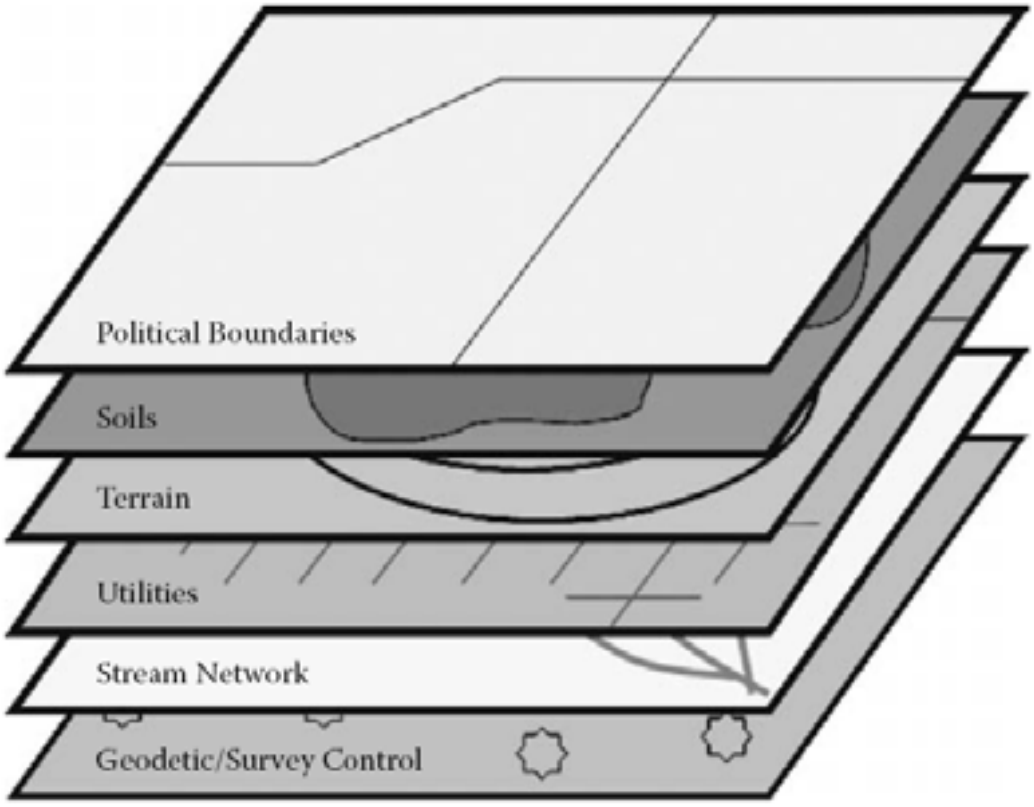


Figura 2.2 Gli strati della mappa fanno riferimento a temi diversi (Johnson, 2009)

La natura della rappresentazione dei dati ha un'influenza determinante sulle analisi che possono essere eseguite. I dati spaziali nei GIS sono organizzati, il più delle volte, in strutture di dati vettoriali e raster (Fig. 2.3). Nella struttura vettoriale, le caratteristiche geografiche o gli oggetti sono rappresentati da punti, linee e poligoni che sono posizionati precisamente in uno spazio della mappa continuo, in maniera simile alle tradizionali mappe cartacee che identificano punti di riferimento, edifici, strade, corsi d'acqua, corpi d'acqua ed altri elementi tramite punti, linee ed aree tratteggiate. Inoltre, ogni oggetto nella struttura vettoriale include informazioni topologiche che descrivono la sua relazione spaziale con gli oggetti vicini, in particolare per quanto riguarda connettività e adiacenza. Questa definizione esplicita e inequivocabile di ciascun oggetto e il collegamento tra gli oggetti rende le strutture vettoriali interessanti e rende possibili le analisi e le interpretazioni automatiche dei dati spaziali presenti negli ambienti GIS. (Johnson, 2009)

D'altra parte, le strutture di dati superficiali, o raster, dividono lo spazio in una griglia bidimensionale di celle (2-D), dove ogni cella contiene un valore che rappresenta l'attributo da associare alla stessa. Un raster è una matrice di numeri x, y ordinati nello spazio. Ogni cella della griglia è identificata da un numero di riga e di colonna, con il limite della griglia che viene referenziato nello spazio in base alle coordinate note. Le strutture raster derivano da fonti di immagini come le riprese satellitari e permettono di trattare lo spazio geografico come se fosse una superficie cartesiana piatta. Un punto è rappresentato da una singola cella della griglia, una linea da una stringa di celle connesse e un'area da un gruppo di celle adiacenti. Sia le strutture vettoriali che i raster sono rappresentazioni valide dei dati spaziali. Le caratteristiche complementari di entrambe le strutture sono state riconosciute da tempo e i moderni sistemi GIS possono processare entrambe le strutture, rendendo possibile la conversione e la sovrapposizione di entrambe le strutture. (Johnson, 2009)

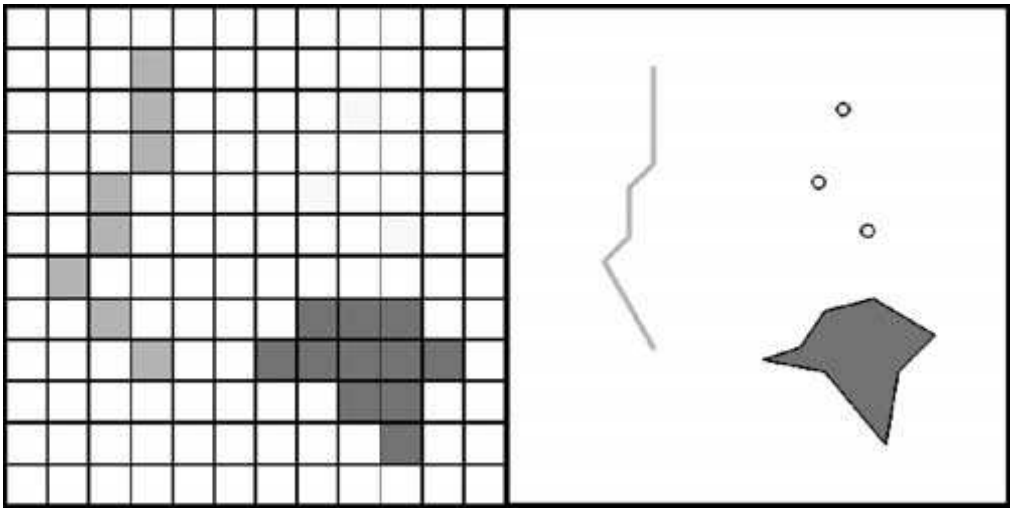


Figura 2.3. Dati GIS di tipo raster (a sinistra) e vettoriale (a destra). (Johnson, 2009)

Il GIS è uno strumento che sta rapidamente diventando un'importante risorsa gestionale per molte aziende dei servizi idrici, integrando o sostituendo i pacchetti CAD. Usato semplicemente come un database spaziale, GIS può essere un valido aiuto in molte applicazioni di modellazione attraverso lo sviluppo di strumenti automatizzati per la costruzione e il mantenimento di modelli idraulici affidabili dei sistemi di distribuzione idrica. (Ennis et al., 2001).

I GIS vengono in genere utilizzati per la mappatura, l'analisi, la visualizzazione, la modellazione e la progettazione dei sistemi di distribuzione idrica. Le capacità dei GIS di immagazzinare, accedere a e mappare dati stanno portando ad un uso sempre maggiore dei GIS in settori quali la pianificazione, la gestione delle infrastrutture e la gestione dei dati relativi alle utenze e alla qualità dell'acqua. Alcune aziende dei servizi idrici condividono un database GIS con altri enti, quali amministrazioni locali o statali, o altre aziende di servizi, tipo quelle che si occupano di gas, elettricità e telefonia. Presso molte aziende di servizi la tecnologia GIS è anche subentrata in altre discipline aziendali che erano precedentemente classificate come sistemi di gestione dei beni/servizi (Asset/Facilities Management, AM/FM). Allo stesso modo, i sistemi GIS possono includere un sistema informativo sull'uso del suolo (LIS, Land Information System) come mezzo per registrare informazioni circa proprietà dei terreni, parcellizzazioni e descrizioni geografiche. Anche i Modelli Digitali del terreno (DEMs, Digital Elevation Models) sono una caratteristica comune dei pacchetti GIS. Essi forniscono la possibilità di immagazzinare ulteriori informazioni topografiche. Negli ultimi anni, l'integrazione dei GIS con i modelli dei sistemi di distribuzione idrica ha rappresentato una significativa area di ricerca e sviluppo nel settore idrico (EPA, 2005).

2.1.3 Sistemi informativi relativi all'utenza (CIS)

I CIS (Customer Information Systems) forniscono la possibilità di archiviare ed utilizzare le informazioni sul consumo di acqua da parte degli utenti. La componente geografica in un sistema CIS consiste in un indirizzo e/o delle coordinate geografiche. I sistemi di lettura automatica dei contatori (AMR, Automated Meter Reading) agevolano la raccolta dei dati di consumo, che possono essere archiviati nei database. La funzione di "Address matching" (riconoscimento degli indirizzi), comune a molti sistemi GIS, permette la conversione degli indirizzi in coordinate geografiche. Un CIS integrato con funzioni geografiche rappresenta un eccellente sistema di acquisizione automatica, in tempo reale, dei dati di consumo, da utilizzare nella modellazione dei sistemi di distribuzione delle acque. (EPA, 2005)

2.1.4 Sistemi di supervisione e controllo dei dati (SCADA)

I sistemi SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) comprendono, in genere, le funzioni di accesso remoto alle informazioni sullo stato del sistema idrico, di controllo manuale o automatico di componenti quali pompe e valvole, e di archiviazione e visualizzazione dei dati, in tempo reale o relativi a serie storiche, sul funzionamento del sistema. In commercio è disponibile una vasta gamma di sistemi SCADA hardware/software, che possono essere adattati alle specifiche necessità delle singole aziende di gestione. Ogni componente inserito in un sistema SCADA è associato ad un identificatore geografico univoco, che può utilizzato per il collegamento ad un GIS o altri sistemi di gestione dei dati spaziali. Sono in corso attività di ricerca e sviluppo inerenti l'integrazione dei sistemi SCADA con i modelli idraulici e di qualità dell'acqua relativi ai sistemi di distribuzione, in modo che questi modelli possano essere utilizzati per interventi in tempo reale e nelle situazioni di emergenza. (EPA, 2005)

2.1.5 Sistemi di gestione delle informazioni di laboratorio (LIMS)

I LIMS (Laboratory Information Management Systems) sono sistemi computerizzati per la gestione dei campioni in un laboratorio. Tali sistemi, in genere, includono le funzioni di archiviazione, gestione, visualizzazione e tracciamento dei campioni. Fin dall'inizio un campione deve essere identificato sia da un punto di vista spaziale che temporale, queste informazioni forniscono la possibilità di associare i dati dei LIMS con altri sistemi di gestione di database spaziali. (EPA, 2005)

2.1.6 Il supporto della tecnologia

Altre innovazioni tecnologiche collegate alla gestione dei database spaziali che vengono utilizzate dalle aziende di gestione dei servizi idrici riguardano i sistemi GPS (Global Positioning System) e sistemi per la gestione di database relazionali (RDBMS, Relational Database Management Systems). Il GPS è una tecnologia diffusamente utilizzata nel rilevamento topografico e può essere utilizzata per la etichettare i dati rilevati sul campo tramite le coordinate geografiche. I sistemi RDBMS rappresentano una metodologia generale per l'archiviazione efficiente delle informazioni sotto forma di serie di tabelle a due dimensioni correlate tra loro. La maggior parte dei moderni sistemi di gestione di database integrati con GIS, LIMS e altri sistemi utilizzano la struttura dei RDBMS. (EPA, 2005).

I software basati su sistemi GIS e CAD comunemente utilizzati nella modellazione dei sistemi di distribuzione idrica sono elencati di seguito.

ArcGIS:

Il modulo per l'editing delle reti dei servizi idrici è una configurazione dell'applicativo ArcGIS specifica per il settore, utilizzata per tenere aggiornati i geodatabase relativi ai sistemi di distribuzione idropotabile, alle fognature e alle reti di raccolta dell' acqua piovana. Esso fornisce mappe di base rilevanti, un modello aggiornato dei dati relativi alla gestione dei servizi e una serie di strumenti di editing per l'applicativo ArcGIS che permettono di implementare in maniera efficiente il geodatabase con gli sviluppi relativi ai sistemi di distribuzione idropotabile, alle fognature e alle reti di raccolta dell'acqua piovana (ESRI, 2010). Il sistema di distribuzione idrica della città di Denizli, in Turchia, è stato modellato utilizzando ArcGIS (Fig. 2.4).

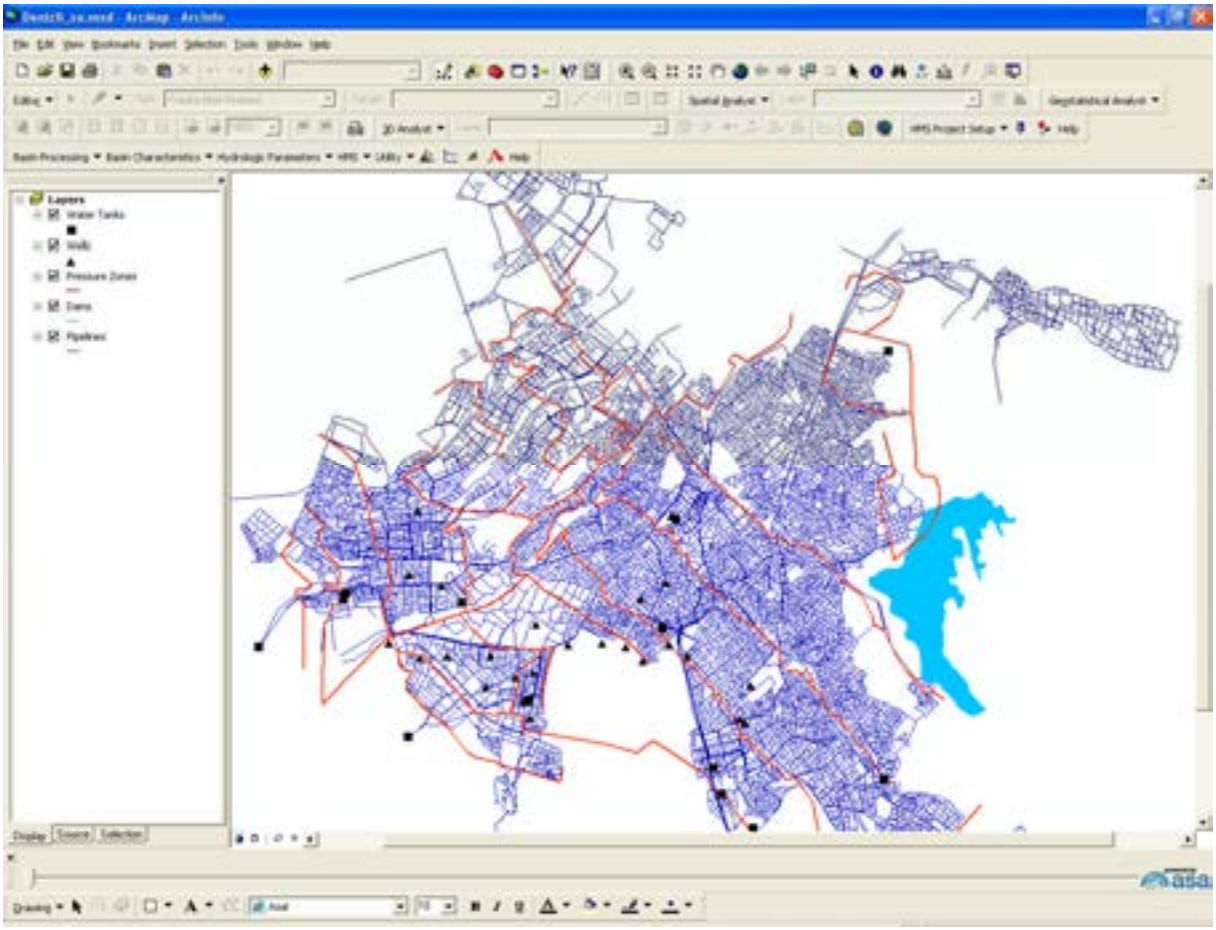


Figura 2.4. Il sistema di distribuzione idrica di Denizli, in Turchia in ArcGIS - (Toprak et al., 2009)

WaterMAP:

Watermap è un'applicazione per la gestione delle reti idriche basata sul sistema AutoCAD e pensata per aiutare a gestire la mappatura e l'analisi delle reti di distribuzione idrica (Fig. 2.5). WaterMAP fornisce strumenti per una modellazione accurata e precisa delle infrastrutture del servizio idrico nello spazio geografico. (Smartmap, 2010)

Figura 2.5. Una schermata dal programma WaterMAP

WaterGEMS:

WaterGEMS è un programma per la modellazione dei sistemi di distribuzione idrica. WaterGEMS può funzionare in ambiente ArcGIS, AutoCAD e MicroStation, o come applicazione autonoma (Fig. 2.6). Dalle simulazioni del flusso in caso di incendio e della qualità dell'acqua, all'analisi delle criticità e dei costi energetici, fino all'ottimizzazione avanzata degli algoritmi generati, WaterGEMS dispone di tutto quello che può servire ad un'azienda di gestione dei servizi idrici in un ambiente multipiattaforma flessibile. (Bentley, 2010)

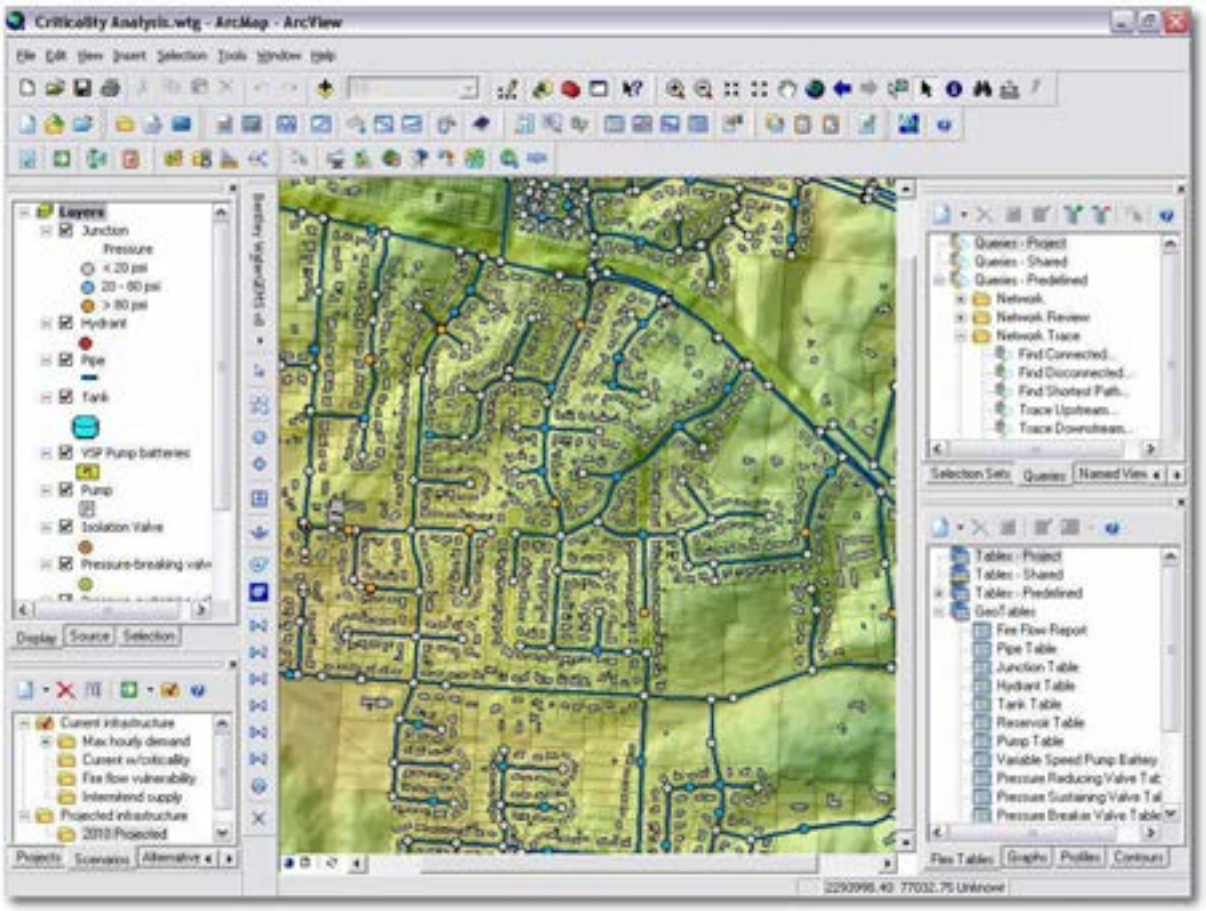


Figura 2.6. Una schermata dal programma WaterGEMS

H2OMAP:

H2OMAP è un sistema di supporto alle decisioni (DSS, Decision Support System) utilizzabile per una gestione efficace dei sistema di distribuzione idrica (Fig. 2.7). Il sistema software integra un avanzato simulatore idraulico delle reti con le tecnologie GIS per la gestione e la visualizzazione grafica di database spaziali e l'analisi dei risultati. L'interfaccia grafica è sviluppata utilizzando la tecnologia "MapObjects" e fornisce un quadro informativo strutturato per la costruzione di un modello di rete, l'analisi e la presentazione dei risultati. (Ennis etal., 2001)

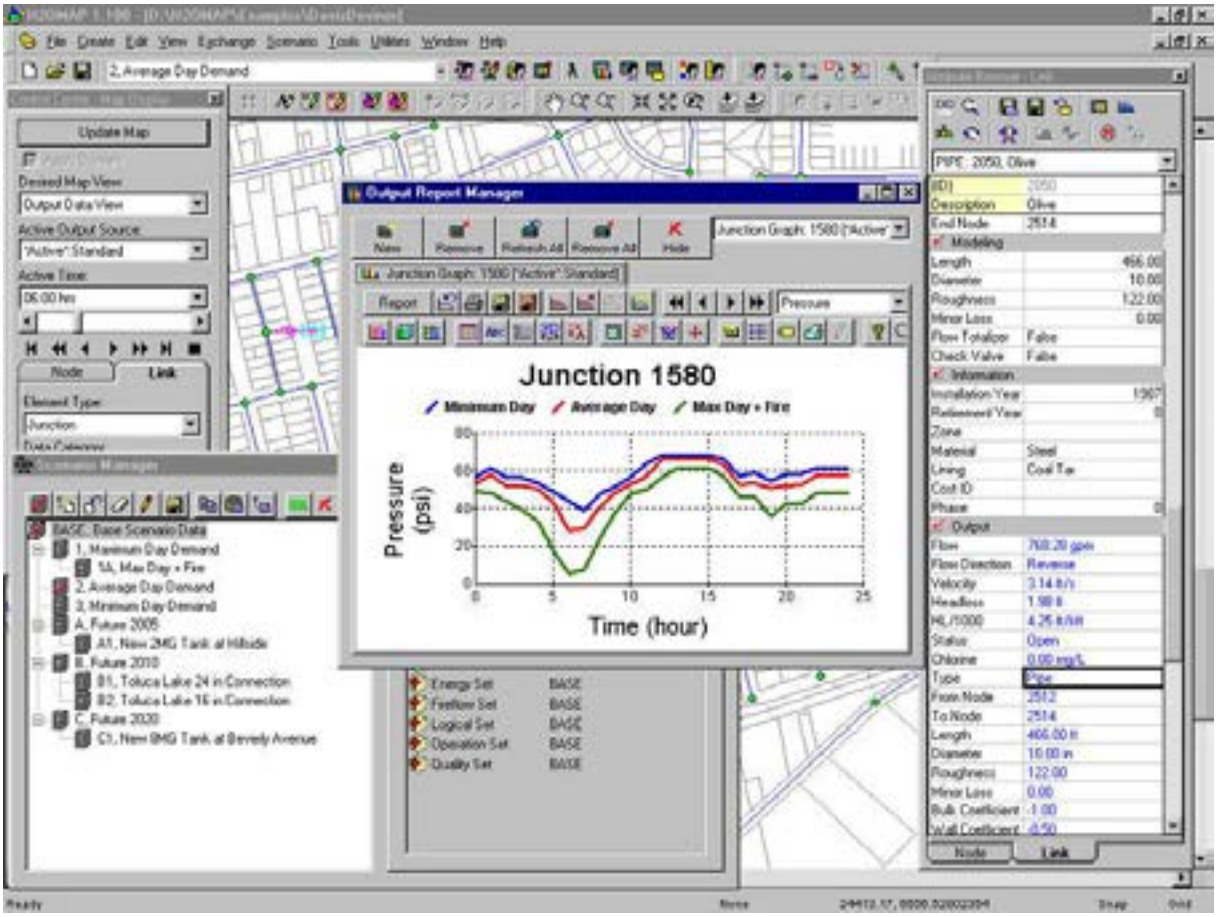


Figura 2.7. Una schermata dal programma H2OMAP

2.2 (U.D. 2) Gli attributi

I dati sui componenti delle reti possono essere immagazzinati su base GIS per l'esecuzione di query spaziali. La maggior parte dei dati raccolti saranno relativi a collocazione e caratteristiche di tubi e nodi, dettagli inerenti accumuli e valvole e, in funzione del livello di sofisticazione, includeranno anche tipologia e dettagli relativi alle utenze.

I dati relativi alle tubazioni sono contenuti nel sistema sotto forma di nodi e linee. Questo sistema è particolarmente adatto per il tipo di configurazione che prevede nodi, lungo le condotte, da cui si diramano le derivazioni. I dati possono essere inseriti in diversi modi, sia direttamente a schermo, da tastiera, che tramite estrazione da database che contengano informazioni precedentemente acquisite, relative a coordinate e connessioni. I GIS hanno una funzione di importazione dei dati che consente l'interoperabilità tra i sistemi stand (Anand e Vairavamoorthy, 2002).

Ogni elemento nella tabella degli attributi deve avere un numero identificativo (ID). Il software GIS può attribuire automaticamente un ID a ciascun elemento, ma l'utente può cambiare tale identificativo, ad esempio in base ad una classificazione preesistente. A seconda delle finalità dell'interrogazione, le informazioni visibili relative ad un certo elemento della tabella degli attributi possono essere cambiate. Le informazioni tipiche (attributi) relative ai vari elementi dei sistemi di distribuzione idrica sono elencati di seguito.

2.2.1 Tubazioni

Le tubazioni sono rappresentate nel formato di tipo vettoriale, tramite linee. Alcuni attributi relativi alle tubazioni sono descritti di seguito.

2.2.1.1 Materiale

I materiali più comuni utilizzati nelle condutture dei sistemi di distribuzione idrica (Pilcher et al., 2009) sono elencati di seguito. Vantaggi e svantaggi dei diversi materiali vengono mostrati in Tabella 1.

Fibro-cemento (Cemento Amianto, CA) - I tubi in CA erano molto diffusi in alcuni paesi verso la metà del XX secolo, soprattutto perché erano più economici rispetto agli altri materiali (Fig. 2.8). Per quanto riguarda la salute e la sicurezza si deve fare estrema attenzione durante le lavorazioni per evitare l'inalazione della polvere di amianto. Oggigiorno, le tubazioni in amianto non vengono utilizzate nella costruzione dei nuovi sistemi e vengono conservate solo per le riparazioni, a causa degli elevati rischi per la salute. Tutti i tubi in CA vengono utilizzati senza rivestimenti e sono prodotti in lunghezze standard di 4,0 m e diametri nominali che vanno da 80 a 600 mm. I tubi di diametro più piccolo sono soggetti a perdite, in particolare in corrispondenza delle giunzioni.

Figura 2.8. Tubazioni in amianto che hanno raggiunto la fine della loro vita utile (Pilcher et al., 2009)

- **Ghisa -** I tubi in ghisa venivano comunemente utilizzati nei primi anni e fino alla metà del XX secolo, ma oggi lo sono molto meno. I tubi in ghisa sono resistenti, anche se rigidi, ed hanno buona durabilità. Esistono tubazioni in ghisa in servizio da più di 150 anni che sono ancora in buone condizioni. I tubi in ghisa sono disponibili in diametri nominali da 100 a 600 mm e lunghezze di 3,0, 4,0 e 5,0 metri. Una delle cause di perdita più comuni nei tubi in ghisa è la rottura delle giunzioni, causata dai movimenti del terreno.
- **Ghisa sferoidale -** I tubi in ghisa sferoidale sono simili ai normali tubi in ghisa sia nell'aspetto che nelle caratteristiche. Tuttavia, i tubi in ghisa sferoidale sono più resistenti e duttili di quelli in ghisa. Nell'ambito delle tubazioni metalliche, la ghisa sferoidale ha sostituito la ghisa a partire dalla metà del XX secolo. I tubi in ghisa sferoidale sono in genere provvisti di zincatura esterna, mentre la superficie interna può essere rivestita con malta di cemento. I tubi in ghisa sferoidale sono disponibili in lunghezze standard

che vanno da 4,0 a 6,0 metri e in diametri da 80 a 1600 mm. La ghisa sferoidale è uno dei materiali che rende più agevole la localizzazione delle perdite.

- **Policloruro di vinile (PVC) -** I tubi in PVC sono tubi semi-rigidi e sono stati usati per la prima volta nei sistemi di distribuzione idrica soltanto nella seconda parte del XX secolo. I primi tipi di tubazione presentavano problemi legati alla fessurazione longitudinali, in particolare nei sistemi soggetti a pressione variabile. Successivamente, un cambiamento nella struttura molecolare ha prodotto come risultato un tubo più resistente e robusto. <I tubi in PVC sono in genere disponibili in lunghezze standard di 6,0 metri e in diametri che vanno da 80 a 575 mm. Su questo tipo di tubazioni non è facile localizzare le perdite, dovute in particolare alla scarsa tenuta delle giunzioni, ad esempio in una sezione di conduttura posata su terreno agricolo.

- **Polietilene (PE) -** Il PE è diventato il materiale per le tubazioni preferito da molte aziende di gestione in vari paesi, grazie ai suoi costo e durabilità. L'uso di giunti saldati per fusione, quando eseguita da installatori esperti, garantisce giunzioni molto resistenti, poco soggette a perdite. Sfortunatamente si sono verificati molti casi in cui le giunzioni non sono state realizzate in maniera appropriate, causando perdite dai giunti. Si trovano facilmente anche altri sistemi di giunzione, come i giunti a bicchiere. I tubi in PE sono disponibili in una vasta gamma di diametri e si possono acquistare in lunghezze standard o in lunghe bobine. Come nel caso del PVC, non è facile localizzare le perdite perché il rumore prodotto non si diffonde molto lungo le pareti del tubo.

- **Acciaio -** I tubi in acciaio sono disponibili praticamente di qualsiasi dimensione, da 100 fino a 3600 mm di diametro, in uso nei sistemi di distribuzione idrica. L'acciaio è impiegato raramente per condutture più piccole di 400 mm. La lunghezza standard dei tubi in acciaio per la distribuzione dell'acqua è di 12,2 m. La nomenclatura convenzionale fa riferimento a due tipologie di tubo in acciaio: (1) tubo laminato e (2) tubo saldato. I tubi laminati comprendono tubi in acciaio di qualsiasi misura, prodotti in stabilimento per soddisfare le specifiche della tubazione finita. I tubi laminati di una certa dimensione sono prodotti con diametro esterno costante e diametro interno variabile, in funzione dello spessore richiesto. I tubi saldati sono tubi in acciaio realizzati a partire da lastre o lamine. La saldatura, a fusione, può essere longitudinale o a spirale, e può essere specificato sia il diametro interno che quello esterno.

- **Altri materiali -** Ci sono molti altri materiali per le tubazioni che non vengono utilizzati così comunemente nei sistemi di distribuzione, ma sono impiegati principalmente nei sistemi di condotte di adduzione o in situazioni particolari, come speciali quali gli attraversamenti aerei. Tra questi materiali ci sono la vetroresina (PRFV, resina Poliestere Rinforzata con Fibre di Vetro) e il cemento armato precompresso (CAP).

Tabella 2.1. Principali vantaggi e svantaggi dei diversi materiali (Pilcher et al., 2009)

Materiale	Vantaggi	Svantaggi
Cemento Amianto (CA)	Robustezza e rigidità Resistenza alla corrosione rispetto alla maggior parte dei terreni ed acque Possibilità di utilizzare giunti flessibili per consentire piccole deviazioni	Suscettibilità a danni dovuti agli urti Classe di resistenza bassa Suscettibilità alla corrosione in alcuni tipi di terreno Permeabilità in certe condizioni del terreno Pericolosità delle polveri d'amianto Difficoltà di individuazione Localizzazione delle perdite più difficile rispetto ai tubi metallici

		Complessità delle riparazioni
Ghisa	Robustezza e rigidità Elevata resistenza meccanica Buona resistenza alla corrosione Agevole localizzazione delle perdite Facilità di individuazione	Peso elevato Rigidità, a fronte dell'elevata resistenza
Ghisa sferoidale	Elevata resistenza meccanica Buona resistenza alla corrosione Possibilità di utilizzare giunti flessibili per consentire piccole deviazioni Semplicità delle giunzioni Facilità di individuazione Agevole localizzazione delle perdite Immediatezza delle riparazioni	Peso rilevante Possibili problemi in relazione al pH con le acque dolci Suscettibilità alla corrosione se il rivestimento viene danneggiato
Polietilene (PEBD/ PEAD)	Resistenza alla corrosione Leggerezza e flessibilità Possibilità di giunzioni tramite saldatura, per una migliore tenuta Immediatezza delle riparazioni nelle tubazioni di piccolo diametro	Difficoltà di individuazione Localizzazione delle perdite più difficile rispetto ai tubi metallici I giunti saldati richiedono installatori esperti ed attrezzature specifiche
Policloruro di vinile (PVC)	Resistenza alla corrosione Leggerezza e flessibilità Semplicità delle giunzioni	Suscettibilità a danni dovuti agli urti Degrado dovuto ai raggi UV nei tubi esposti alla luce solare Difficoltà di individuazione Localizzazione delle perdite più difficile rispetto ai tubi metallici
Acciaio	Elevata robustezza, resistenza agli urti Possibilità di deviazioni senza rotture Facilità di installazione Peso minore rispetto ai tubi in ghisa sferoidale Facilità di produzione di tubi di grande diametro Possibilità di configurazioni speciali tramite saldatura Vasta gamma di resistenze disponibili Possibilità di modifiche sul campo	Suscettibilità alla corrosion

2.2.1.2 Tipo di giunto

Esistono diversi tipi di giunzioni (es. giunzioni meccaniche, saldature, ecc.) nei sistemi di condutture esistenti, e tali giunzioni rappresentano in genere i punti deboli di tali sistemi. Il tipo di giunzione dipende principalmente dal tipo di materiale utilizzato per le tubazioni. Le tubazioni in ghisa o ghisa sferoidale connesse senza saldature sono soggette a sfilamento in corrispondenza delle giunzioni se vengono sottoposte a forze di trazione (Fig. 2.9). Sebbene le moderne tecniche di saldatura permettano di realizzare tubazioni in acciaio quasi continue per quanto riguarda resistenza e duttilità, le vecchie tubazioni in acciaio con giunti saldati o a vite sono soggette a rottura in corrispondenza delle giunzioni quando soggette a carichi estremi (Toprak et al., 2008). Nei sotto-servizi, sono comuni i giunti a bicchiere con guarnizioni in gomma o ad accoppiamento meccanico (con o senza dispositivi antisfilamento). Sono comuni anche i giunti saldati, per tubi di diametro da 600 mm e oltre (Pilcher et al., 2009).

Figura 2.9. Tipico giunto in uso nei sistemi di distribuzione idrica in Giappone (Toprak et al., 2008)

2.2.1.3 Diametro

In genere si fa riferimento al valore del diametro nominale del tubo ma, qualora fosse necessario, i valori del diametro interno o esterno possono essere aggiunti alla tabella degli attributi.

2.2.1.4 Lunghezza

La lunghezza dei tubi può essere calcolata per mezzo di un software GIS o CAD e inserita automaticamente nella tabella degli attributi.

2.2.1.5 Anno di posa

Ogni tubazione ha una vita utile. Tale grandezza dipende dal materiale, dalle caratteristiche del terreno di posa, ecc. L'anno di posa è importante per la pianificazione dei rifacimenti. L'età può anche influisce anche sul coefficiente di scabrezza del tubo, valore utilizzato nei calcoli idraulici.

2.2.1.6 Coefficiente di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza varia in funzione del materiale e dell'età del tubo. Quando l'analisi comprende calcoli idraulici, il coefficiente di scabrezza deve essere inserito nella tabella degli attributi.

2.2.1.7 Portata di progetto

In realtà la portata di una condotta varia in continuazione durante il funzionamento del sistema, da zero a un valore massimo. La portata di progetto è la portata in base alla quale è stato determinato il diametro dei tubi.
A volte nella sezione "portata" della tabella degli attributi viene inserito il valore della portata massima.

2.2.1.8 Rivestimenti

Alcuni tubi hanno un rivestimento interno o esterno, al fine di estendere la vita utile della conduttura. In presenza di un rivestimento, la vita utile del tubo e il coefficiente di scabrezza saranno diversi rispetto a quelli del tubo senza rivestimento. La malta di cemento è un eccellente rivestimento interno per i tubi in acciaio. I tubi in acciaio possono anche essere ricoperti esternamente con malta di cemento (Pilcher et al., 2009). I tubi in ghisa sferoidale sono in genere ricoperti da un manto protettivo esterno in bitume, poliuretano, pitture alchidiche e a base di resine fenoliche ed epossidiche (epoxy) e, internamente, rivestite con cemento, bitume e resine epossidiche ceramiche (Acipko, 2010).

Altri parametri relativi ad una tubazione che potrebbero essere necessari per l'analisi sono spessore delle pareti, lunghezza libera di inflessione, profondità di posa, modulo di resistenza a taglio, angolo di attrito tra tubo e terreno, modulo di Poisson, nodo iniziale, nodo finale e informazioni riguardo picchi di pressione e sollecitazioni dovute al gelo.

2.2.2 Valvole

Le valvole sono molto frequenti nei sistemi di distribuzione idrica. Esse sono rappresentate, nel formato vettoriale, da elementi puntuali. Nonostante esistano diversi tipi di valvole usate per controllare il flusso dei fluidi, le tipologie fondamentali possono essere suddivise in due gruppi generali: valvole di intercettazione e valvole di ritegno. Oltre alle tipologie fondamentali, nell'ambito dell'ingegneria si possono trovare molte valvole speciali, che non possono essere classificate né come valvole di intercettazione né come valvole di ritegno. Molte di queste valvole servono per controllare la pressione dei fluidi e vengono definite valvole di regolazione della pressione.

Figura 2.10. Valvola di riduzione della pressione (Pilcher et al., 2009)

Le valvole di intercettazione vengono utilizzate per interrompere o, in alcuni casi, ridurre il flusso. Le valvole di intercettazione sono controllate tramite il movimento dello stelo della valvola. Possono essere suddivise in quattro categorie principali: a globo, a saracinesca, a farfalla e a sfera. Anche le valvole a rubinetto e le valvole a spillo possono essere considerate valvole di intercettazione.

Attributi comuni delle valvole sono la dimensione (diametro) e il tipo. Per effettuare un'analisi idraulica, anche il coefficiente di perdita è un attributo importante per le valvole.

2.2.3 Idranti

Gli idranti sono punti di prelievo dell'acqua dal sistema di distribuzione. In genere vengono utilizzati dai Vigili del Fuoco. Gli idranti vengono rappresentati, nel formato vettoriale, come elementi puntuali. Gli attributi fondamentali degli idranti possono essere la grandezza e il tipo. La massima portata disponibile può essere un altro attributo importante.

2.2.4 Pozzi

I pozzi sono una delle principali fonti di approvvigionamento e rappresentano una componente imprescindibile dei sistemi di distribuzione idrica (Fig.2.11). I pozzi sono rappresentati, nel formato vettoriale, come elementi puntuali. La capacità o portata disponibile, il livello piezometrico statico o dinamico, possono essere gli attributi relativi un pozzo. Inoltre, alcune informazioni geologiche (descrizione, tipologia di pozzo) possono essere aggiunte come attributi.

Figure 2.11. Tipica stazione di pompaggio da pozzo profondo del comune di Denizli

2.2.5 Pompe

A seconda delle condizioni topografiche, le pompe possono rappresentare elementi indispensabili di un sistema di distribuzione idrica. Le principali tipologie di pompe sono quelle ad immersione, volumetriche, fluidodinamiche, a spinta idrostatica e a gravità. Le pompe sono rappresentate, nel formato vettoriale, da elementi puntuali inseriti nella rappresentazione del sistema di distribuzione idrica. Le pompe centrifughe sono quelle maggiormente utilizzate nei sistemi di distribuzione idrica (Fig.2.12) e fanno parte della tipologia di pompe fluidodinamiche. Attributi caratteristici delle pompe possono essere il tipo e la portata. Se necessario, la curva caratteristica della pompa (un grafico che mostra la variazione della prevalenza in funzione della portata della pompa) può essere aggiunta agli attributi.

Figura 2.12. Stazione di pompaggio a servizio della Zona Industriale di Denizli

2.2.6 Accumuli e serbatoi

Ogni sistema di distribuzione idrica prevede accumuli e serbatoi. Il loro numero può variare da uno a molti. A seconda della scala della mappa, accumuli e serbatoi possono essere rappresentati, nel sistema vettoriale, da elementi puntuali o poligoni. Attributi caratteristici possono essere la capacità (volume) dell'accumulo e le quote fondamentali (di base, di sfioro, minima di funzionamento).

2.2.7 Nodi

I nodi sono punti di giunzione tra i tubi e vengono rappresentati, nel formato vettoriale, come elementi puntuali inseriti nella rappresentazione del sistema di distribuzione idrica. La geometria di un nodo determina il tipo di giunto dei tubi. Due o più tubi possono essere collegati in diversi modi, ma le principali configurazioni topologiche sono rappresentati nella Fig. 2.13.

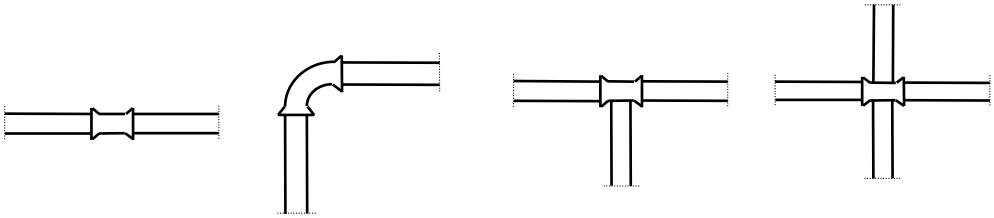


Figura 2.13. Principali configurazioni topologiche nelle reti (Stathaki, 2010)

Attributi importanti per un nodo possono essere la quota fisica, la pressione e il carico idraulico (energia totale). Dal punto di vista idraulico, si assume che i nodi rappresentino i punti di domanda del sistema di distribuzione, per cui la portata in uscita può essere un ulteriore attributo. Se necessario si possono aggiungere alla tabella degli attributi anche informazioni relative al tipo di terreno.

2.3 (U.D. 3) Aggiornamento del sistema e aspetti organizzativi

Quasi sempre risultano necessarie delle variazioni per l'ottimizzazione dei sistemi idrici di approvvigionamento e distribuzione (ad es. tubazioni, serbatoi, stazioni di sollevamento e valvole di regolazione). La sostituzione delle condutture su piccola o grande scala, così come la posa di nuove tubazioni, nell'ambito del sistema di distribuzione idrica sono operazioni rese necessarie dall'espansione delle aree urbanizzate. Inoltre, potrebbero essere necessarie nuove pompe e potrebbero essere disposte significative modifiche del sistema. Alcune variazioni possono essere necessarie, per esempio, nei tipi di valvole utilizzate, quando un'azienda di gestione vuole far uso di un sistema SCADA. Anche la manutenzione e le riparazioni degli impianti sono un processo continuativo. La schematizzazione del sistema di distribuzione idrica dove essere modificata riportando tali variazioni.

L'aggiornamento del sistema dovrebbe essere gestito da due gruppi di lavoro, in campo e in ufficio. La squadra "in campo" dovrebbe raccogliere le informazioni relative al reale stato del sistema di distribuzione idrica, per mezzo di dispositivi di telerilevamento o tramite osservazione diretta, note le coordinate del cespite da verificare. La squadra "in ufficio" dovrebbe aggiornare le mappe del sistema in ambiente GIS o CAD, utilizzando i dati provenienti dalla squadra "in campo" o da mappe preesistenti.

I nuovi estendimenti del sistema possono essere integrati nel database utilizzando le cartografie digitali fornite da progettisti o imprese appaltatrici o a seguito di rilievi diretti. E' importante acquisire i dati in un formato compatibile con quello del database in uso.

Un caso studio è rappresentato dall'attività svolta nella città di Phoenix, in Arizona da docenti, personale e studenti dell'Università dell'Arizona, relativa all'ottimizzazione della manutenzione delle infrastrutture idriche urbane attraverso l'uso di sistemi GPS (Global Positioning System) e GIS. I principali risultati, che si concentrano sulle differenze tra le previsioni e l'esperienza

effettiva, sono rappresentati in Fig. 2.14. Questa esperienza può essere d'aiuto nell'ambito di simili attività di mappatura dei sistemi di distribuzione. (Burns et al., 2003)

Al fine di mantenere un database relativo al sistema di approvvigionamento idrico sempre aggiornato, anche gli aspetti organizzativi sono importanti. Essi possono riguardare la struttura delle interazioni tra le operazioni svolte quotidianamente sul campo e in ufficio, così come aspetti legati alla programmazione e finanziari. In particolare, nella prima fase di passaggio dalle mappe cartacee alle applicazioni GIS, il supporto della dirigenza è un aspetto fondamentale. La collaborazione tra le squadre dei tecnici (che comprendono il personale IT) sul campo e gli uffici è alla base del mantenimento di un database sempre aggiornato.

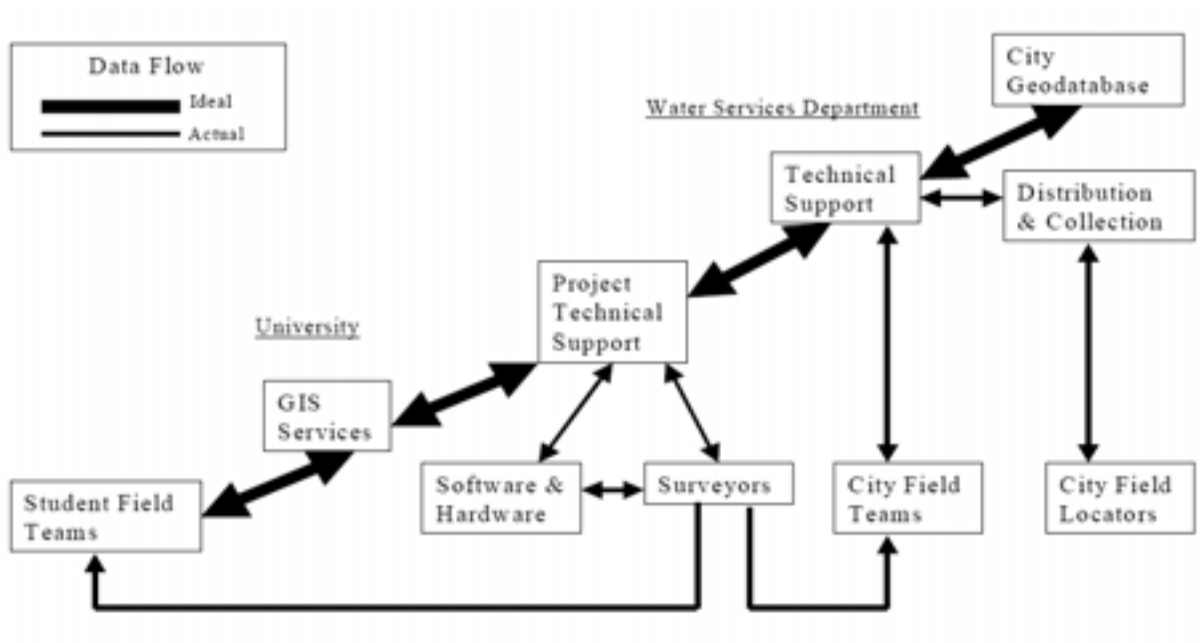


Figura 2.14. Diagramma di flusso ideale ed effettivo

2.4 Bibliografia

Ennis J., Boulos P. F., Heath J. E., Hauffen P., (2001), “Improved Water Distribution System Modeling and Management Using MapObjects”, 21st Annual ESRI International User Conference, 9-13 July 2001, San Diego. http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap169/p169.htm

EPA, (2005), “Water Distribution System Analysis: Field Studies, Modeling and Management A Reference Guide for Utilities”, EPA/600/R-06/028, U. S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development National Risk Management Research Laboratory Water Supply and Water Resources Division, Cincinnati, Ohio.

ESRI, (2010), http://resources.esri.com/waterutilities/

Labay, Jerry (2010) http://www.waterworld.com/index/display/article-display/366824/articles/waterworld/volume-25/issue-8/departments/automation-technology/geospatial-software-helps-la-water-system-go-digital.html).

Toprak et al., (2009), “Prediction of Earthquake Damage to Urban Water Distribution Systems: A Case Study for Denizli, Turkey”, Bull Eng Geol Environ, Springer, 68:499–510.

Smartmap, (2010), http://www.smartmap.com/water.htm

Bentley, (2010), http://www.bentley.com/en-US/Products/WaterGEMS/

Anand S., Vairavamoorthy K. (2002), GIS in Design and Asset Management of Intermittent Water Distribution Systems. (http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi0064.htm)

Shaukat N., Yu C., Heyerdahl, L., Kubick K., (2010), “Gatebook Automation for the City of San Francisco's Water Distribution System”,
(http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/pap367/p367.htm)

Star, J.; Estes, J. (1990). “Geographic Information Systems : An Introduction”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

ESRI, (2002), “Geography Matters”, An ESRI White Paper.

Morad, M.; Connolly, T. (2004), “A Concise Introduction to Geographical Information Systems and Science”, Kingston University, Center for GIS, UK.

Burns E. K., Bey G., Reynolds D., (2003), “Urban Water Infrastructure Maintenance Using GPS and GIS”, 2003 Water Security in the 21st Century, Universities Council on Water Resources (UCOWR) Annual Conference, Washington, DC.

Johnson L. E., (2009), “Geographic Information Systems in Water Resources Engineering”, CRC Press, Boca Raton.

Stathaki, A., (2010), “Data required for the training simulator”, Internal Report: PM4WAT_TP1_WP5_v2_RACTI_Simulator_data.

Pilcher, R.; Dizdar, A.; Toprak, S.; De Angelis, E.; Koc, A. C.; Dilsiz, C.; De Angelis, K.; Dikbaş, F.; Fırat, M.; Bacanlı, Ü. G., (2009), “The Basic Water Loss Book A Guide to Water Loss Reduction Strategy and Application”, Eflatun Publisher, Ankara, Turkey.

Toprak, S.; Koc, A. C.; Nacaroğlu, E.; Cetin, O. A., (2008), ”Robustness of Lifeline Systems”, Robustness of Structures COST Action TU0601, 1st Workshop, February 4-5, 2008, ETH Zurich, Zurich, Switzerland.

American Ductile Iron Pipe (Acipko), (2010), www.acipco.com

Capitolo 3

Modellazione Idraulica e Analisi del Sistema

3 Modellazione idraulica e analisi del sistema

3.1 (U.D. 1) Metodi di modellazione e analisi

3.1.1 Tipi di flusso

Il flusso nelle tubazioni i tubi a pressione può essere laminare o turbolento. L'indice usato per contraddistinguere il tipo di flusso è il numero di Reynolds (Re). Il numero Reynolds è una grandezza adimensionale che fornisce una misura del rapporto tra forze inerziali ($\rho V^2/L$) e forze viscose ($\mu V/L^2$) e quantifica, di conseguenza, l'importanza relativa di questi due tipi di forze in funzione delle condizioni di flusso. George Gabriel Stokes introdusse il concetto nel 1851, ma il numero Reynolds ha assunto tale denominazione a seguito dell'opera di Osborne Reynolds (1842-1912), che ne rese popolare l'utilizzo nel 1883. Il flusso laminare si ha per valori bassi del numero Reynolds, quando prevalgono le forze viscose, ed è caratterizzato da un movimento fluido ordinato e costante, mentre il flusso turbolento si ha quando il numero di Reynolds assume valori elevati ed è dominato dalle forze inerziali, che tendono a produrre gorghi caotici, vortici ed altri tipi di instabilità del flusso.

Il numero di Reynolds è generalmente definito come:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \mathrm{VL}}{\mu} = \frac{\mathrm{VL}}{\nu} = \frac{\mathrm{QL}}{\nu \mathrm{A}} \qquad (3.1)$$

dove:
V = velocità media del fluido, (m/s)
L = diametro idraulico, (m)
μ = viscosità dinamica del flusso (Pa·s o N·s/m^2 o kg/m·s)
ν = la viscosità cinematica (ν=μ/ρ), (m^2/s)
ρ = densità del fluido, (kg/m^3)
Q = portata del flusso, (m^3/s)
A = area trasversale di deflusso (m^2).

Nei tubi a sezione circolare si ha L=D, V=Q/A=4Q/πD^2 e:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \mathrm{VD}}{\mu} = \frac{\mathrm{VD}}{\nu} = \frac{\mathrm{QD}}{\nu \mathrm{A}} = \frac{4\mathrm{Q}}{\pi \mathrm{D} \nu} \qquad (3.2)$$

dove
D = diametro interno del tubo (m).

Si ha pieno sviluppo del flusso quando esso entra in un tubo, lo strato limite si inspessisce e quindi si stabilizza, dopo una distanza pari a diversi diametri. I flussi pienamente sviluppati, con numero di Reynolds elevato normalmente diventano turbolenti, mentre quelli con numero Reynolds basso di solito rimangono laminari. Il flusso laminare si ha quando il moto del fluido avviene con scorrimento di strati paralleli, senza alcun tipo di mescolamento. E' l'opposto del flusso turbolento. Nel caso di flusso attraverso una tubazione rettilinea, a sezione circolare, valori del numero di Reynolds inferiori a 2000 vengono in genere considerati come un'indicazione di regime laminare. Tuttavia, il valore del numero di Reynolds in corrispondenza del quale si ha il passaggio dal flusso laminare a quello turbolento dipende dalla geometria del flusso. Quello turbolento è un regime di flusso caratterizzato da cambiamenti delle proprietà in maniera caotica e stocastica. Per quanto riguarda il flusso nelle tubazioni, un valore del numero di Reynolds superiore a 4000 corrisponderà molto probabilmente ad un flusso turbolento. La regione di valori compresi nell'intervallo tra 2000 < Re < 4000 viene detta regione di transizione.

3.1.2 Equazione dell'Energia

Un principio fondamentale dell'analisi idraulica del moto stazionario di un fluido incomprimibile all'interno di un condotto cilindrico è la legge di conservazione dell'energia. In qualsiasi sezione trasversale, l'energia totale (carico idraulico) è:

$$H = z + \frac{p}{\rho g} + a\frac{V^2}{2g} \qquad (3.3)$$

dove
z = quota dell'asse del tubo rispetto a un dato livello di riferimento, con la direzione positiva delle z che punta verso l'alto, in direzione opposta rispetto all'accelerazione di gravità,
p = pressione in corrispondenza dell'asse del tubo,
ρ = densità del fluido, considerata omogenea in tutti i punti del fluido,
g = accelerazione di gravità,
V = velocità media alla sezione,
a = coefficiente di flusso dell'energia cinetica, o fattore dell'energia cinetica, posto uguale all'unità, a meno che le circostanze specifiche del problema non indichino che gli errori nel flusso possano determinare errori rilevanti rispetto alla precisione desiderata.

L'applicazione dell'equazione dell'energia tra due sezioni conduce a:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + a\frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + a\frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_L + h_\mu \qquad (3.4)$$

dove
Σh_L = somma delle perdite di carico sia nelle regioni uniformi che non,
h_μ = lavoro del condotto trasmesso dal sistema verso l'esterno.

La perdita di carico totale (Σh_L) in un flusso di fluido in movimento è equivalente alla somma della perdita di tutte le perdite di carico lungo il percorso:

Perdita di carico totale = Perdite di carico distribuite + Perdite di carico localizzate

Quando si fa riferimento alle perdite di energia nel moto dei fluidi, esse sono in genere suddivise in due tipi, *Perdite distribuite* e *Perdite concentrate*. Le perdite distribuite (h_f), note anche come perdite per attrito o perdite lineari, sono una forma di dissipazione dell'energia che si considera abbia luogo in continuazione lungo il percorso del flusso uniforme. Le perdite distribuite corrispondono alla perdita di energia (o di carico, espressa in lunghezza di unità – considerata come energia per unità di peso del fluido) dovute all'attrito tra il fluido in movimento ed il condotto. Queste perdite sono generalmente indicate come "Perdite di carico per attrito". Per perdite di carico concentrate (o localizzate) si intendono, in generale, quelle perdite dovute ad una maggiore turbolenza e resistenza al flusso nei punti in cui la direzione del flusso del flusso viene deviata o dove occorrono altri tipi di ostruzione. Le forme perdita di carico concentrata che si incontrano più comunemente sono le seguenti:
H_e = perdite di carico dovute a un brusco o graduale allargamento (enlargement) della sezione trasversale di deflusso.
H_c = perdite di carico dovute a un brusco o graduale restringimento (contraction) della sezione trasversale di deflusso.
H_o = perdite di carico causate da una ostruzione (obstruction) nel percorso del flusso (saracinesche, valvole, dispositivi di misurazione, ecc)
H_b = perdite di carico in corrispondenza di curve (bend) e cambi di direzione nel percorso del flusso.

In alternativa, per tenere in considerazione le perdite concentrate, si può introdurre la cosiddetta *"lunghezza di tubazione equivalente"*. Questo approccio è a volte utilizzato nella progettazione degli impianti interni, simulando l'effetto delle perdite concentrate tramite l'assunzione di una lunghezza di tubazioni maggiore fino al punto critico finale.

3.1.3 Flusso uniforme – Perdite distribuite

Sono state svolte notevoli ricerche, nel corso di molti anni, e sono state proposte diverse formule per il calcolo delle perdite di carico, sulla base dei dati sperimentali. Tra queste c'è l'equazione di Chézy, valida per il moto nei canali a pelo libero. Utilizzando il concetto di 'perimetro bagnato' ed il diametro interno di una tubazione, l'equazione di Chézy è stata adattata per valutare le perdite di carico in una tubazione, anche se la costante 'C' è stata determinata in modo sperimentale. Nella formula di Chézy, la perdita per attrito è calcolata utilizzando un coefficiente che rappresenta la scabrezza del tubo, il raggio idraulico interno del tubo e la cadente piezometrica, che è la perdita di carico per unità di lunghezza del tubo. L'equazione è espressa come segue:

$$V = C\sqrt{RJ_e} \tag{3.5}$$

dove:
C = coefficiente di scabrezza del tubo
R = raggio idraulico interno (R=A/P)
A = area della sezione trasversale del tubo
P = perimetro bagnato
J_e = cadente piezometrica, o la perdita di carico per unità di lunghezza.

Questa equazione è stata ulteriormente perfezionata da diversi ingegneri, tra i quali Henri Darcy e Julius Weisbach, in quella a cui oggi si fa riferimento come Equazione di Darcy-Weisbach. L'equazione Darcy-Weisbach si fonda sul concetto del fattore di attrito utilizzato per primo da Chezy e modifica l'Equazione in:

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} = f\frac{8}{\pi^2 g}\frac{LQ^2}{D^5} = KQ^2 \tag{3.6}$$

dove
h_f = perdita di carico dovuta all'attrito in una lunghezza di tubo L (m)
f = coefficiente adimensionale di attrito
L = lunghezza della tubazione (m)
D = diametro interno del tubo (m)
V = velocità media del flusso (m/s)
g = accelerazione di gravità (m/s^2).
Q = portata della conduttura (m^3/s)
K = coefficiente del tubo

L'equazione di Darcy-Weisbach è una equazione fenomenologica, che fa riferimento alle perdite di carico, o di pressione, dovute all'attrito lungo una determinata lunghezza di tubazione in funzione della velocità media del flusso. L'equazione di Darcy-Weisbach comprende un coefficiente adimensionale di attrito, f, noto come coefficiente di attrito di Darcy. Esso è anche detto coefficiente di attrito di Darcy-Weisbach o di Moody.

Utilizzando l'analisi dimensionale, si può sviluppare una relazione funzionale per per esprimere il coefficiente di attrito:

$$f = \varphi\left(\frac{VD\rho}{\mu}, \frac{\varepsilon}{D}\right) = \varphi\left(Re, \frac{\varepsilon}{D}\right) \quad (3.7)$$

Nel caso del *flusso laminare*, per valori di Re < 2000, il flusso nella tubazione è pienamente stabilizzato, sotto il controllo di forze viscose che vincono sulla turbolenza, permettendo una soluzione razionale. I valori di f sono dati da una semplice espressione, indipendente dalla scabrezza, nella forma f=φ(Re), rappresentata dalla legge Hagen-Poiseuille :

$$f = 64/Re \quad (3.8)$$

Per valori compresi nell'intervallo 2000 < Re < 4000 il flusso passa da laminare a turbolento. In questa intervallo, i valori di f sono incerti e si può supporre un regime di flusso turbolento.

Per il *moto turbolento di tubo liscio*, i valori di f sono forniti dall'equazione implicita, indipendente dalla scabrezza, nella forma f=φ(Re), basata sulla teoria e su dati sperimentali:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log_{10}\left(Re\sqrt{f}\right) - 0.8 \quad (3.9)$$

Nell'intervallo 104 < Re < 105 vale l'equazione Blasius :

$$f = \frac{0.3164}{Re^{1/4}} \quad (3.10)$$

Il *moto turbolento di tubo scabro* può essere suddiviso in tre zone:
(a) zona di tubo liscio, in cui vale la stessa equazione vista per i tubi lisci (Eq. 3.9),

(b) zona di transizione, in cui $f = \varphi\left(Re, \frac{\varepsilon}{D}\right)$, e il valore di f è dato dalla nota equazione di Colebrook-White :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left(R\frac{\varepsilon/D}{3{,}71} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f}}\right) \quad (3.11)$$

(c) zona di assoluta turbolenza, in cui f= φ (Re),

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left(Re\sqrt{f}\right) + 1.14 \quad (3.12)$$

Si può notare che l'equazione di Colebrook-White è asintotica sia all'equazione valida per il moto di tubo liscio che per quella valida per moto assolutamente turbolento di tubo scabro, e si può utilizzare per tutti i valori di Re > 4000.

L'equazione di Colebrook-White è una funzione che deve essere risolta per iterazioni successive. Nel 1944 L. F. Moody pubblicò un grafico logaritmico, in forma adimensionale, di questa equazione, i cui assi fanno riferimento al coefficiente di attrito f, al numero di Reynolds Re e alla scabrezza relativa ε/D, al quale ci si riferisce come Diagramma di Moody o Abaco di Moody (Fig. 3.1), in combinazione con l'equazione f=64/Re relativa al flusso laminare. Con l'avvento dei computer, l'utilizzo del diagramma di Moody è diminuito, ma non è mai stato totalmente abbandonato.

E' stato proposto un gran numero di approssimazioni, mirate a convertire la formula implicita di Colebrook-White in una in forma esplicita, assumendo il numero di Reynolds e la scabrezza relativa come variabili. Sono state stabilite anche equazioni empiriche, nel tentativo di semplificare la soluzione, come l'equazione Manning e quella di Hazen-Williams. Entrambe le equazioni hanno preceduto l'equazione di Colebrook-White.

L'equazione di Manning, anche nota come equazione di Gauckler-Manning, o equazione di Gauckler-Manning-Strickler, è un'equazione empirica presentata per la prima volta dall'ingegnere francese Philippe Gauckler nel 1867, e ripresa più tardi dall'ingegnere Irlandese Robert Manning, nel 1890:

$$V = \frac{k}{n}\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} J_e^{1/2} \qquad (3.13)$$

dove
V = velocità media del fluido (ft/s, m/s)
k = costante di conversione uguale a 1.486 nel sistema consuetudinario USA o 1.0 nel Sistema Internazionale di unità di misura
n = coefficiente Gauckler–Manning (indipendente dalle unità di misura)
D = diametro interno del tubo (ft, m)
J_e = cadente idraulica o perdita di carico per unità di lunghezza.

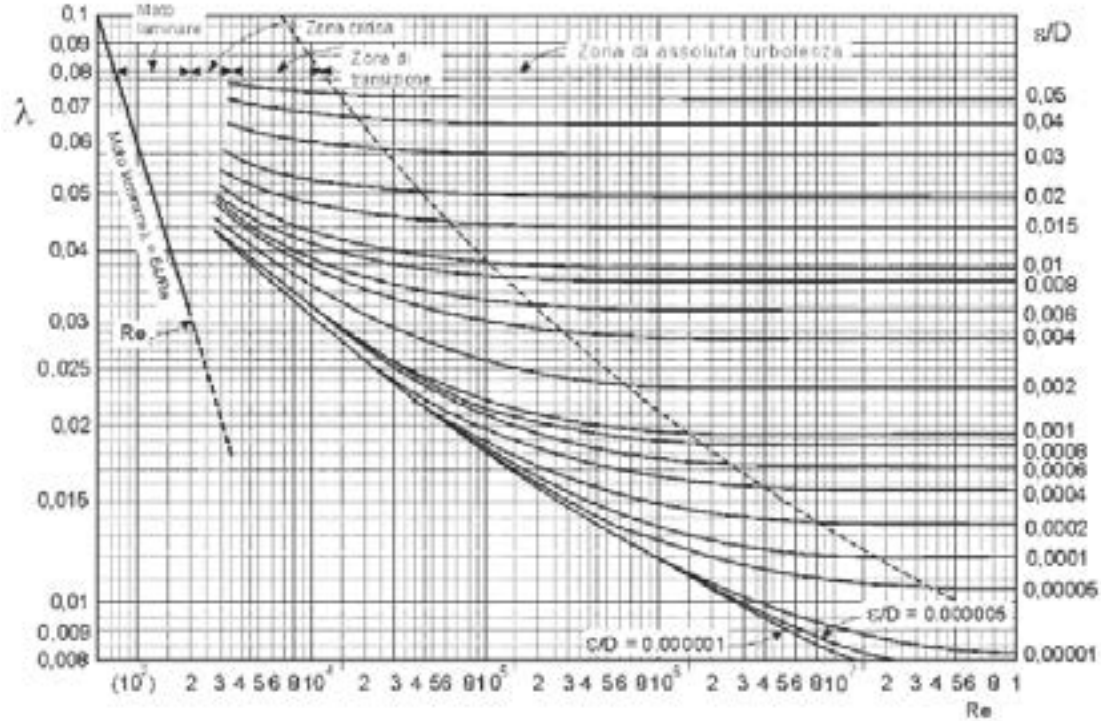


Figura 3.1. L'Abaco di Moody

L'equazione di Hazen-Williams è un'equazione empirica che lega il flusso dell'acqua in un tubo con le proprietà fisiche del tubo e la perdita di pressione causata dall'attrito. L'equazione di Hazen-Williams presenta il vantaggio che il coefficiente C non è funzione del numero di Reynolds, ma anche lo svantaggio di essere valida solo per l'acqua. Inoltre, essa non tiene conto della temperatura o della viscosità dell'acqua. La formulazione generale dell'equazione mette in relazione la velocità media dell'acqua in una conduttura con le caratteristiche geometriche del tubo e la pendenza della linea dell'energia:

$$V = kC\left(\frac{D}{4}\right)^{0.63} J_e^{0.541} \qquad (3.14)$$

dove:

k = costante di conversione uguale a 1.318 nel sistema consuetudinario USA o 0.849 nel SI
C = coefficiente di scabrezza.

3.1.4 Flusso non uniforme - Perdite concentrate

Le perdite di carico concentrate, h_m (minor losses), possono essere trascurabili rispetto alle perdite distribuite nel caso di una conduttura lunga, ma in alcuni casi, ad esempio per una tubazione corta con diversi accessori, rappresentano in realtà una percentuale consistente delle perdite totali, per cui, non sono 'minori'. La perdita di carico h_m può essere espressa come:

$$h_m = K \frac{V^2}{2g} \qquad (3.15)$$

dove
K = coefficiente di perdita concentrata, adimensionale.

Esempi del valore di K per vari accessori sono elencati nella tabella riportata di seguito. (Pressure Pipeline Design for Water and Wastewater - *Progettazione condotte in pressione per acquedotti e fognature*, ASCE, 1992).

Tabella 3.1. *Valori del coefficiente di perdita concentrata*

Tipo	**K**
Valvole a saracinesca	
chiusa per ¾	24.00
chiusa per ½	5.60
chiusa per ¼	1.20
totalmente aperta	0.20
Valvola a squadra aperta	2.50
Valvola a globo aperta	10.00
Valvola di ritegno a clapet	0.60-2.50
Curve (gomiti)	
90° standard	0.70
90° a lungo raggio	0.60
45° standard	0.50
Brusco restringimento(*)	
d/D = ¼	0.40
d/D = ½	0.30
d/D = ¾	0.20
Brusco allargamento(*)	
d/D = ¼	0.90
d/D = ½	0.60
d/D = ¾	0.20
Deflusso da un serbatoio	
con tubo che sporge nel serbatoio	0.78
con tubo a filo della parete del serbatoio	0.50
con imbocco scarsamente arrotondato	0.23
con imbocco ben arrotondato	0.04
Afflusso in un serbatoio	1.00

(*) Coefficienti da applicare alle condizioni nel tubo di diametro più piccolo

3.1.5 Pompe

In molte circostanze, è necessario fornire energia ad un sistema idraulico, per superare differenze di quota, perdite per attrito e perdite concentrate. Una pompa è un dispositivo al quale si applica energia meccanica che viene trasferita all'acqua sotto forma di carico idraulico. Questa energia, trasmessa dalla girante della pompa, è in genere espressa come altezza di colonna di acqua, e si chiama *prevalenza della pompa* (o dislivello di pompaggio), h_p. La prevalenza assicurata varia in funzione della portata della pompa e rappresenta la differenza tra il livello dell'energia all'entrata della pompa, cioè all'imbocco del *tubo di aspirazione*, ed all'uscita della pompa, cioè allo sbocco del *tubo di mandata* (o *condotta premente*). Nel caso di una pompa singola, maggiore è la prevalenza h_p minore sarà la portata Q sollevata. Per una determinata combinazione di valori di Q e h_p, la potenza N (W) richiesta per sollevare l'acqua è data dalla:

$$N = \rho g Q h_p \qquad (3.16)$$

dove Q (m^3/s) è la *portata della pompa*.

La potenza necessaria per azionare la pompa è maggiore, a causa delle perdite della pompa:

$$Np = (\rho g Q h_p)/\eta_p \qquad (3.17)$$

dove η_p è il rendimento della pompa, che dipende dalle caratteristiche della pompa e dalle condizioni di lavoro.

La potenza da fornire al motore della pompa sarà:

$$N_m = N_p / \eta_m \qquad (3.18)$$

dove η_m indica il rendimento del motore.

Il rendimento idraulico delle pompe, ovvero la relazione tra la prevalenza fornita dalla pompa e la portata, è foro sotto forma di *curva prevalenza-portata* (anche detta *curva caratteristica della pompa*). La relazione tra prevalenza e portata non è lineare e, come facilmente intuibile, maggiore è la portata minore è la differenza di quota raggiungibile. Questa curva deve essere descritta tramite una funzione matematica per renderne possibile l'utilizzo in una rispondenti simulazione idraulica. Alcuni modelli utilizzano una funzione polinomiale che interpola i punti corrispondenti ai dati noti, ma un approccio più comune è quello di descrivere la curva utilizzando una funzione di potenza. Per le pompe centrifughe, un'ottima approssimazione della curva caratteristica della pompa si ottiene con l'equazione:

$$H_p = aQ^2 + bQ + c \qquad (3.19)$$

dove i fattori a, b e c dipendono dal modello della pompa e dalle unità di misura.

In alternativa si può utilizzare la seguente equazione:

$$H_p = c - aQ^b \qquad (3.20)$$

Figura 3.2. Stazione di sollevamento

3.1.6 Sistemi aperti, chiusi e misti

I sistemi acquedottistici pubblici di solito comprendono opere di captazione, impianti di trattamento, condotte di adduzione e sistemi di distribuzione. Questo capitolo tratta la questione della modellazione dei flussi, delle pressioni e della qualità nelle reti di condutture. Gli elementi principali del sistema di distribuzione sono la rete di condutture, le stazioni di sollevamento ed i serbatoi di accumulo. La rete di condutture è costituita da tubazioni a diametro costante e contiene un certo numero di dispositivi, come le valvole di regolazione e le valvole di riduzione della pressione. In base al modo in cui le tubazioni sono interconnesse, si possono distinguere le seguenti configurazioni di rete: (a) a sviluppo lineare, (b) ramificata, (c) a maglie (ad anello), (d) miste (vedi paragrafo 1.5.3). Nella configurazione a maglie, come in quella mista, la rete è divisa in un elevato numero di anelli. Considerando il moto stazionario (flusso che non cambia con il tempo) e unidimensionale (flusso parallelo all'asse del tubo) ed assumendo che le caratteristiche siano omogenee nella sezione trasversale, il flusso si può risolvere quando, sotto determinate condizioni di disponibilità e domanda, è nota la portata in ogni tubazione. E' chiaro che, in questo caso, si possono calcolare le perdite di carico. Se è noto il carico in tutti i punti di giunzione tra le tubazioni, si può determinare la portata nei tubi. I principi fondamentali dell'idraulica, descritti nei paragrafi precedenti, possono essere applicati ai sistemi di distribuzione. Quando la velocità è relativamente bassa, l'altezza cinetica, $V^2/2g$, può essere trascurata rispetto alla quota piezometrica, $z+p/\rho g$.

In caso di variazione nel tempo del livello dei serbatoi o di variazioni della domanda, le ipotesi di flusso stazionario non sono valide e per la simulazione si fa riferimento a un intervallo di tempo compreso tra due istanti successivi. Cambiamenti repentini delle condizioni di flusso, causati da operazioni di regolazione del flusso, tra le quali l'apertura o chiusura delle valvole, l'avvio o l'arresto delle pompe, ecc., sono seguiti da fenomeni idraulici transitori, noti come le onde di pressione o il colpo d'ariete.

Le estremità di ciascuna tubazione, ovvero le connessioni tra due o più tubi, sono dette *giunzioni* o *nodi*. Gli anelli sono circuiti chiusi di tubazioni. Se una rete di tubazioni comprende P tubi, J nodi e L anelli, l'equazione:

$$P = J + L - 1 \qquad (3.21)$$

è sempre soddisfatta.

Un nodo in corrispondenza del quale il carico è noto e costante (per esempio un serbatoio) si dice nodo a carico fisso. Se il numero di nodi a carico fisso è F, la precedente equazione (3.21) può quindi essere riscritta come:

$$P = J + L + F - 1 \tag{3.22}$$

Nelle reti di condutture, la condizione di un elemento deve essere coerente con la condizione di tutti gli altri elementi. Due concetti definiscono queste interconnessioni, la conservazione della massa e la conservazione dell'energia.

Per soddisfare la legge di conservazione della massa nella rete di condutture, le portate in ingresso ai nodi (inflows) devono essere uguali alle portate in uscita dai nodi (outflows):

$$\Sigma O_i = \Sigma I_i , \quad i = 1,J \tag{3.23}$$

dove
O_i = portate in uscita dai nodi i, con i = 1,J
I_i = porate in ingresso ai nodi i, con i = 1,J

Per soddisfare la legge di conservazione della massa in un nodo, la portata in ingresso al nodo deve essere uguale alla portata in uscita dallo stesso nodo:

$$\Sigma Q_{ij} = O_i - I_i \tag{3.24}$$

dove
Q_{ij} = portata del tubo i-j al nodo i (positiva quando c'è il afflusso verso il nodo)

Per la rete di condutture si possono scrivere (J-1) equazioni indipendenti, del tipo della (3.23).

Le perdite di carico lungo la tubazione ij sono:

$$H_{ij} = H_i - H_j = K_{ij}Q_{ij}^{n} \tag{3.25}$$

dove H_i e H_j rappresentano il carico nei nodi i e j, rispettivamente.

Nell'equazione (3.24) le portate possono essere sia positive che negative, quindi l'equazione (3.25) si può scrivere nella forma:

$$H_{ij} = K_{ij}\left|Q_{ij}\right|^{n-1}Q_{ij} \tag{3.26}$$

(il valore assoluto di Q aiuta a distinguere tra le diverse direzioni dei flussi (grazie ai segni +/-))
ovvero:

$$Q_{ij} = \frac{H_i - H_j}{K_{ij}^{\,1/n}\left|H_i - H_j\right|^{(1/n)-1}} \tag{3.27}$$

Utilizzando le equazioni (3.24) e (3.27) si ottiene un sistema di (J-1) equazioni indipendenti non lineari:

$$\Sigma\left\{\frac{H_i - H_j}{K_{ij}^{\,1/n}\left|H_i - H_j\right|^{(1/n)-1}}\right\} = O_i + I_i \tag{3.28}$$

Queste equazioni sono note come equazioni di continuità delle portate.
Risolvendo il sistema, nota la pressione in un nodo si può determinare la pressione in ogni giunzione.

Lungo il perimetro di ciascun anello c (con c=1,L), la legge di conservazione dell'energia può essere espressa nella forma:

$$\sum_{P(c)} H_{ij} = 0\,,\ \text{c=1,L} \tag{3.29}$$

dove P(c) è il numero di tubazioni nell'anello c
ovvero, riprendendo l'equazione (3.26):

$$\sum_{P(c)} H_{ij} = \sum_{P(c)} \left[K_{ij} \left| Q_{ij} \right|^{n-1} Q_{ij} \right] = 0\,,\ \text{c=1,L} \tag{3.30}$$

Per ogni rete di condutture, si possono scrivere L equazioni indipendenti, note come equazioni di bilanciamento dei carichi in una maglia.

Risolvendo le J equazioni (3.24) e le L equazioni (3.30) si ottengono le portate e le perdite di carico in tutti i rami. La soluzione non è diretta perché le equazioni (3.30) sono non lineari ed i coefficienti Kij dipendono da Q_{ij}.

Sono stati sviluppati e sono disponibili molti programmi informatici per eseguire l'analisi della rete delle condutture, validi per qualsiasi configurazione. Molti di questi modelli possono essere utilizzati per analizzare questioni legate alla qualità del servizio, alla disponibilità per uso antincendio, ecc.

3.1.7 Il metodo di Hardy-Cross

Il metodo di Hardy-Cross, il più vecchio e noto, può essere applicato per risolvere i sistemi di equazioni di continuità delle portate o di bilanciamento dei carichi.

(a) Equazioni di bilanciamento dei carichi

In questo caso vengono impostate le portate iniziali Q_{ij}^{0} in ciascuno dei rami della rete, le quali devono soddisfare l'equazione di continuità (3.24) in ogni giunto.
Utilizzando le portate Q_{ij}^{0} e il sistema di equazioni (3.26), si ottengono le perdite di carico H_{ij}^{0} in tutte le tubazioni.
Se per ogni anello si ottiene:

$$\sum_{P(c)} H_{ij}^{0} = 0 \tag{3.31}$$

le portate iniziali possono essere considerate accettabili.
Altrimenti, le portate nell'anello c devono essere corrette della quantità ΔQ:

$$\Delta Q = -\frac{\sum \left(K_{ij} Q_{ij}^{\,n} \right)}{n \sum \left(K_{ij} Q_{ij}^{\,n-1} \right)} \tag{3.32a}$$

oppure

$$\Delta Q = -\frac{\sum \left(H_{ij} \right)}{n \sum \left(\frac{H_{ij}}{Q_{ij}} \right)} \tag{3.32b}$$

(b) Equazioni di continuità delle portate

I passi da seguire sono:

(i) si assegnano i carichi iniziali H_i^0 in tutti i nodi

(ii) tra in nodi i e j vale la relazione:

$$H_i^0 - H_j^0 = H_{ij}^0 = K_{ij}\left|Q_{ij}^0\right|^{n-1} Q_{ij}^0 \qquad (3.33)$$

e utilizzando l'equazione (3.27) si possono calcolare le portate Q_{ij}^0

(iii) se per ogni nodo si ottiene:

$$\sum Q_{ij}^0 = O_i + I_i \,, \quad \text{i=1,J} \qquad (3.34)$$

i carichi H_i^0 assegnati possono essere considerati accettabili

(iv) altrimenti sono necessarie delle correzioni:

$$\Delta H_i = n\frac{\sum\left(Q_{ij} - O_i + I_i\right)}{\sum\left(\frac{Q_{ij}}{\Delta H_{ij}}\right)} \qquad (3.35)$$

3.1.8 Il metodo di Newton-Raphson

Il metodo di Newton-Raphson è un metodo iterativo che può essere usato per risolvere qualsiasi sistema di equazioni relativo alle reti di condutture. Questo metodo viene usato diffusamente per risolvere sistemi di equazioni implicite o non lineari. Esso prevede l'impostazione di un ipotetico valore iniziale della soluzione.

Equazioni di bilanciamento dei carichi

Per ogni anello deve risultare:

$$\sum_{P(c)} H_{ij}^0 = 0 \quad \text{c=1,J} \qquad (3.36)$$

Le portate iniziali Q_{ij}^0 vengono impostate in modo che sia soddisfatta la relazione:

$$\sum Q_{ij}^0 = O_i + I_i \,, \quad \text{i=1,J} \qquad (3.37)$$

Utilizzando le portate Q_{ij}^0 assegnate come valori iniziali, apparentemente si ha:

$$\sum_{P(c)} H_{ij}^0 \neq 0 \quad \text{c=1,J} \qquad (3.38)$$

Se ΔQc, con c=1,L, è la correzione da apportare ai valori di portata assegnati a tutte le tubazioni in un anello, con direzione assegnata, l'equazione è ancora soddisfatta. Le portate correttive nell'anello sono in genere considerate positive se la direzione del flusso è in senso orario, lungo tutti gli anelli della rete. Le portate nelle tubazioni dell'anello diventano:

$$Q_{ij}^0 + \varepsilon_{ij}\Delta Q_c \qquad (3.39)$$

con ε = +1 quando Q_{ij}^0 and ΔQ_c hanno verso concorde o ε = -1 in caso contrario.

Se una tubazione appartiene a due anelli, m e n, la sua portata sarà:

$$Q_{ij}^{0} + \varepsilon_{ij}\Delta Q_m + \varepsilon_{ji}\Delta Q_n \tag{3.40}$$

Le perdite di carico lungo una conduttura della rete sono date dall'equazione (3.25):

$$H_{ij} = H_i - H_j = K_{ij}Q_{ij}^{n} = \varphi(Q_{ij}) \tag{3.41}$$

e introducendo le correzioni ΔQ_c negli anelli:

$$\varphi\left(Q_{ij} + \Delta Q_c\right) = K_{ij}\left[Q_{ij} + \sum_c \varepsilon_{ij}\Delta Q_c\right]^n \tag{3.42}$$

Sviluppando l'equazione (3.42) secondo la formula di Taylor e ipotizzando la quantità ΔQc piccola, si ha:

$$\varphi\left(Q_{ij} + \Delta Q_c\right) = \varphi\left(Q_{ij}\right) + \Delta Q_c\ \varphi'\left(Q_{ij}\right)\Big|_{\Delta Q_c = 0} \tag{3.43}$$

Se il vettore $\overrightarrow{\Delta Q}$ rappresenta le quantità correttive:

$$\overrightarrow{\Delta Q} = \left\{\Delta Q_1, \Delta Q_2, ..., \Delta Q_c\right\} \tag{3.44}$$

il vettore $\vec{Q}$ la portata assegnata alle diverse tubazioni:

$$\vec{Q} = \left\{Q_{ij},\ \ ij = 1, P\right\} \tag{3.45}$$

e il vettore $\vec{H}$ le perdite di carico totali in ciascun anello:

$$\vec{H} = \left\{H_1, H_2, ..., HQ_c\right\} \tag{3.46}$$

allora:

$$H\left(Q + \Delta Q\right) = H\left(Q\right) + \Delta Q\frac{d\left(H\right)}{d\left(\Delta Q\right)}\Big|_{\Delta Q=0} \tag{3.47}$$

Se le somme Q+ΔQ rappresentano i valori finali della portata nelle tubazioni della rete, allora le perdite di carico lungo ciascun anello saranno pari a zero, per cui l'equazione (3.47) può essere riscritta nella forma:

$$0 = H\left(Q\right) + \Delta Q\frac{d\left(H\right)}{d\left(\Delta Q\right)}\Big|_{\Delta Q=0} \tag{3.48}$$

oppure

$$H_i + \sum_{c=1}^{L}\frac{\partial\left(H_i\right)}{\partial\left(\Delta Q_c\right)}\Delta Q_c = 0\ ,\quad i=1,L \tag{3.49}$$

che equivale a:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial(H_1)}{\partial(\Delta Q_1)} & \frac{\partial(H_1)}{\partial(\Delta Q_2)} & ..... & \frac{\partial(H_1)}{\partial(\Delta Q_c)} \\ \frac{\partial(H_2)}{\partial(\Delta Q_1)} & \frac{\partial(H_2)}{\partial(\Delta Q_2)} & ..... & \frac{\partial(H_2)}{\partial(\Delta Q_c)} \\ ..... & ..... & ..... & ..... \\ \frac{\partial(H_c)}{\partial(\Delta Q_1)} & \frac{\partial(H_c)}{\partial(\Delta Q_2)} & ..... & \frac{\partial(H_c)}{\partial(\Delta Q_c)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \\ \Delta Q_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -H_1 \\ -H_2 \\ \\ -H_c \end{vmatrix} \quad (3.50)$$

Utilizzando l'equazione (3.42) si ottiene:

$$\frac{\partial(H_c)}{\partial(\Delta Q_m)} = \sum \varepsilon_{ij} n K_{ij} Q_{ij}^{n-1} \quad (3.51)$$

Apparentemente, dall'equazione (3.40) e posto $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ji}$, $K_{ij} = K_{ji}$ e $Q_{ij} = - Q_{ji}$:

$$\frac{\partial(H_i)}{\partial(\Delta Q_j)} = \frac{\partial(H_j)}{\partial(\Delta Q_i)} \quad (3.52)$$

Il procedimento per giungere alla soluzione è il seguente:

(i) Viene assegnato un valore iniziale ΔQ, in modo che sia soddisfatta l'equazione di continuità ai nodi
(ii) si calcolano le somme $H_c=\Sigma H_{ij}$ e gli elementi differenziali del sistema (3.49)
(iii) si risolve il sistema (3.49), e simultaneamente vengono calcolati i valori di ΔQ

- si introducono nel calcolo i nuovi valori $Q_{ij}=Q_{ij}^0+\Sigma\varepsilon_{ij}\Delta Q_c$. Questi valori vengono considerati alla stregua dei valori iniziali
- Si ripetono i passi dal (ii) al (iv) tante volte fino a che le quantità correttive ΔQ assumono un valore insignificante.

3.1.9 Il metodo della Teoria Lineare

In questo metodo le incognite sono i valori delle portate nei vari rami o i carichi nei nodi. Il procedimento è ancora di tipo iterativo e si basata sulla trasformazione delle equazioni non lineari (3.25) in equazioni lineari.

Equazioni di bilanciamento dei carichi

In un ramo della rete di condutture, le perdite di carico sono date dall'equazione:

$$H_{ij} = H_i - H_j = K_{ij} Q_{ij}^n \quad (3.53)$$

oppure

$$H_{ij} = K_{ij} Q_{ij}^n = K_{ij} Q_{ij}^{n-1} Q_{ij} \quad (3.54)$$

oppure

$$H_{ij} = K_{ij} |Q_{ij}|^{n-1} Q_{ij} \quad (3.55)$$

Ponendo:

$$K_{ij}^* = K_{ij} |Q_{ij}|^{n-1} \quad (3.56)$$

se ad un certo passo del procedimento di soluzione il valore di K_{ij}^* può essere considerato costante, l'equazione (3.54) può essere linearizzata, nella forma:

$$H_{ij} = K_{ij}^* Q_{ij}^n \quad (3.57)$$

e l'equazione (3.29) si trasforma in:

$$\sum H_{ij} = \sum K_{ij}^{*} Q_{ij} = 0 \qquad (3.58)$$

Per gli L anelli della rete, si possono scrivere L equazioni indipendenti del tipo della (3.58), nella forma:

$$\sum H_{ij} = \sum \varepsilon_{ij} K_{ij}^{*} \left| Q_{ij} \right| = 0 \qquad (3.59)$$

Se la conduttura ij non appartiene all'anello, allora ε=0.

Ai nodi, possono essere scritte J-1 equazioni indipendenti, nella forma:

$$\sum \zeta_{ij} Q_{ij} = O_{ij} - I_{ij} = \Omega_{ij} \qquad (3.60)$$

dove ζ_{ij} può assumere i valori di +1, -1 o 0

La somma delle L equazioni del tipo della (3.59) e delle J-1 equazioni del tipo della (3.60) equivale al numero delle tubazioni P. Quindi la soluzione del sistema di equazioni del tipo delle (3.59) e (3.60) condurrà alla determinazione della portate incognite.
Ponendo:

$$Q_p = \left| Q_{ij} \right|, \quad i,j = 1,J \ (i \neq j), \quad p=1,P \qquad (3.61)$$

Le equazioni (3.59) e (3.60) possono essere riscritte come:

$$\sum \varepsilon_{cp} K_p^{*} Q_p = 0 \quad p = 1,P, \ c = 1,L \qquad (3.62)$$

$$\sum \zeta_{ip} Q_p = \Omega_i \quad i = 1,J, \ p=1,P \qquad (3.63)$$

dove l'indice i si riferisce ai nodi, c agli anelli e p alle condutture.
Il procedimento per giungere alla soluzione del sistema delle (3.62) e (3.63) è il seguente:

(i) si pone K_{ij}^{*} =Kp
(ii) la soluzione del sistema fornisce i valori delle incognite Qp
(iii) in base ai risultati del passo (ii) vengono ricalcolati i valori di K_{ij}^{*}
(iv) si ripetono i passi (ii) e (iii) fino ad ottenere la precisione desiderata.

3.1.10 Modellazione della qualità dell'acqua

Lo scopo principale di un'azienda di gestione del servizio idropotabile (Gestore dei Servizi Idrici) è quello di fornire all'utenza un'acqua di qualità, 24 ore al giorno. L'interesse nell'individuazione di particelle e sostanze disciolte nella rete è emerso recentemente.

Quelli di trasporto, mescolamento, reazione e decadimento sono i processi fisici e chimici fondamentali alla base dei modelli di qualità dell'acqua. Elementi importanti sono la velocità del flusso e le portate nel sistema di distribuzione.

La qualità dell'acqua in un modello di rete è descritto dall'equazione di Avvezione-Dispersione-Reazione:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + f(C) \qquad (3.64)$$

dove
C = concentrazione media (mg/L) nella sezione trasversale

t = tempo (s)
u = velocità media del flusso (m/s)
D = coefficient di dispersione assiale (m^2/s)
x = direzione del flusso
f(C) = funzione descrittiva della reazione
La funzione della reazione varia con la sostanza. Per il decadimento del cloro in genere, f(C) = -KC, con K costante di reazione.

Molti modelli comprendono, oltre alla simulazione idraulica, la modellazione della qualità dell'acqua.

3.2 (U.D. 2) Estendimenti e variazioni nel sistema

La progettazione di un sistema di distribuzione idrica tiene conto di quella che sarà la popolazione futura da servire. Come ci si può aspettare, durante l'arco di vita del sistema è probabile che si verifichino diversi cambiamenti. Le variazioni che si verificano più di frequente nei sistemi pubblici di distribuzione idrica sono le seguenti:

a. Espansione territoriale delle aree urbanizzate
b. Consistente aumento della popolazione in diverse zone del territorio
c. Rilevanti variazioni nelle destinazioni d'uso dei terreni nell'area servita
d. Aggiunta di nuovi componenti nel sistema (es. nuovi serbatoi)
e. Attivazione di nuove fonti di approvvigionamento a servizio del sistema
f. Adozione di sviluppi tecnologici e innovazioni

Per tutti questi estendimenti e variazioni vi è la necessità di analizzare il nuovo sistema sulla base delle assunzioni e dei materiali utilizzati nel vecchio sistema. A seguito dei dovuti confronti e della verifica delle effettive necessità, si può decidere di migliorare il sistema esistente o di aggiungere nuovi componenti. Per assumere decisioni razionali si dovrebbe condurre un test periodico del sistema, con conseguenti modifiche e integrazioni del sistema esistene.

I metodi di analisi e i pacchetti software presentati in questo capitolo offrono una solida base per razionalizzare le decisioni relative a miglioramenti ed estendimenti del sistema.

Inutile dire che gli estendimenti possono cambiare il tipo di sistema originariamente progettato (per esempio da un sistema a maglie si può passare ad un sistema misto).

3.3 (U.D. 3) Simulazione di scenari futuri

Come spiegato nel paragrafo precedente, durante l'arco di vita del sistema, ci si aspetta che intervengano diverse variazioni. Per questo è necessario effettuare simulazioni sistematiche della domanda futura, che verranno di volta in volta utilizzate per l'analisi del sistema di distribuzione. Le simulazioni della domanda futura andrebbero effettuate periodicamente, in quanto l'evoluzione delle condizioni relative a popolazione, densità di popolazione, domanda specifica e utilizzo del territorio possono discostarsi dalle proiezioni iniziali, fatte in fase di progettazione.

Per la simulazione di scenari futuri è consigliabile utilizzare più di un modello. Preferibilmente, modelli spaziali dettagliati, che tengano conto delle specifiche condizioni locali, in grado di fornire stime molto più attendibili rispetto alle equazioni empiriche che prevedono la domanda idropotabile futura.

Tra i modelli empirici, i più diffusi sono:

1. Il modello lineare

$$P_v = P_0 + v \cdot b \tag{3.65}$$

dove
P_v = popolazione dopo v anni
P_0 = popolazione iniziale
b = variazione della popolazione tra due anni consecutivi

2. Il modello geometrico

$$P_v = \alpha^v \cdot P_0 \tag{3.66}$$

dove
P_v = popolazione dopo v anni
P_0 = popolazione iniziale
$\alpha = 1 + \gamma$ dove $\gamma = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}}$

3. Il modello del tasso decrescente

$$P_v = P_0 + (P_s - P_0)\left(1 - e^{\lambda v}\right) \tag{3.67}$$

dove
P_v = popolazione dopo v anni
P_0 = popolazione iniziale
P_s = popolazione massima
λ = parametro di forma che può essere stimato in base ai dati relativi a due censimenti consecutivi

$$\lambda = \frac{1}{t_i - t_{i-1}} \ln\left[\frac{P_s - P_{t_1}}{P_s - P_{t_1 - 1}}\right]$$

Come noto, tutti e tre i modelli sopra elencati possono essere descritti da un'unica curva, detta curva di crescita logistica

$$P_v = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{-d \cdot v}} \tag{3.68}$$

dove
P_v = popolazione dopo v anni
P_s = popolazione massima
c, d = parametri della curva logistica

3.4 (U.D. 4) Disponibilità di software

3.4.1 Introduzione

Lo scopo di questo capitolo di panoramica introduttiva è quello di fornire informazioni generali sui software disponibili, basate sulle informazioni fornite dai rispettivi sviluppatori e distributori.

Per ulteriori informazioni riguardo un pacchetto specifico, il lettore è invitato a contattare gli enti responsabili (aziende, organizzazioni scientifiche) oppure controllare i relativi siti internet.

Il capitolo si concentra sui modelli di analisi dei sistemi di distribuzione idrica, che vengono diffusamente utilizzati. Alcuni dei pacchetti software più utilizzati per la progettazione e l'analisi dei sistemi di distribuzione idrica vengono di seguito presentati, in ordine alfabetico:

(1) AQUIS
(2) EPANET
(3) PIPE-FLO
(4) SynerGEE Water
(5) WATER CAD – WATER GEMS
(6) WATER NETWORKS
(7) WATERPAC

Per una descrizione più dettagliata si rimanda all'appendice.

3.4.2 AQUIS

AQUIS è un sistema di gestione delle reti idriche sviluppato per migliorare le prestazioni idrauliche, la qualità dell'acqua e la sicurezza in fase operativa. Il software AQUIS, che permette interventi in tempo reale, è una piattaforma che può essere modificata e personalizzata per i diversi gruppi di utenti nell'ambito di un'azienda di gestione. L'interfaccia può essere personalizzata facilmente, in maniera funzionale alla qualifica e alle richieste di informazione di ciascun utente. AQUIS è una piattaforma che permette all'utente di andare indietro nel tempo, valutare la situazione attuale e fare previsioni sul futuro. La costruzione del modello è diventato un compito molto più semplice grazie al Model Manager. Sono necessari solo i seguenti dati:

1) Cartografia/dati GIS
2) Dati/profili/georeferenziazione della domanda
3) Dati relativi alle quote
4) Dati di calibrazione – pressione, flusso, livello e qualità dell'acqua

Una volta inseriti questi dati, il modulo Model Manager genera automaticamente il modello. Inoltre, il modello può essere aggiornato automaticamente e mantenuto in Model Manager. In aggiunta, viene assicurato un controllo dati, per eliminare errori come doppie condutture, dimensioni sbagliate e condutture mancanti, che vengono identificati. Attraverso l'interfaccia generica del Model Manager si possono utilizzare direttamente i dati archiviati in formato GIS per la generazione automatica del modello. Model Manager supporta vari formati. Con Model Manager, si ha accesso a tutti i tipi di strumenti di presentazione per la visualizzazione dei dati importati da GIS, dei dati del modello e dei risultati di AQUIS.

AQUIS è uno strumento perfetto per condurre studi di fattibilità e analizzare diversi scenari, per valutare gli effetti di nuove aree residenziali, nuovi siti industriali, incrementi della domanda, lavori di manutenzione e riabilitazione e fluttuazioni dei consumi. AQUIS include una serie di funzioni e moduli che consentono risparmi in termini di costi operativi e investimenti capitali:

- *AQUIS Hydraulic* permette di valutare velocemente gli effetti delle variazioni sulla modellazione.
- *AQUIS Water Quality* rende possibile valutare in maniera rapida come le diverse condizioni operative influenzano la qualità dell'acqua.
- *AQUIS Surge* consente di stabilire le ragioni di una possible rottura nelle tubazioni.

3.4.3 EPANET 2.00.12

Sviluppato dalla Divisione Approvvigionamento e Risorse idriche dell'EPA, EPANET è un software che modella i sistemi di condotte idriche di distribuzione. Si tratta di un programma per Windows 95/98/NT/XP che esegue simulazioni di lungo periodo del comportamento idraulico e della qualità dell'acqua all'interno di reti di condotte in pressione; reti di condotte costituite da tubi, nodi (giunzioni tra tubi), pompe, valvole, e serbatoi o riserve. EPANET traccia il flusso dell'acqua in ogni tubazione, la pressione di ogni nodo, il livello dell'acqua in ogni serbatoio e la concentrazione delle specie chimiche lungo tutta la rete durante il periodo di simulazione. Le simulazioni possono riguardare le specie chimiche, l'età dell'acqua, l'origine ed la rintracciabilità. EPANET fornisce un ambiente informatico integrato che consente di editare i dati relativi alle immissioni in rete, condurre simulazioni idrauliche e relative alla qualità dell'acqua e visualizzare i risultati in vari formati, tra cui mappe della rete con classificazione in base al colore, tabelle di dati, grafici di serie temporali e mappe a curve di livello. EPANET, è un software di pubblico dominio, che può essere copiato e distribuito gratuitamente.

3.4.4 PIPE-FLO

PIPE-FLO Professional fornisce una visione chiara dell'intero sistema, integrando le seguenti funzionalità in un unico programma:

- Schematizzazione della rete, che mostra come le diverse componenti del sistema e le tubazioni sono interconnesse.
- Potente motore di calcolo, che mostra il funzionamento del sistema.
- Strumenti di comunicazione, che aiutano a condividere i progetti.
- Accesso ai documenti di supporto in formato elettronico.

PIPE-FLO è un pacchetto software completo, per la progettazione e l'analisi delle reti che fornisce un quadro completo dell'intero sistema. Utilizzando PIPE-FLO è possibile:

- Disegnare una schematizzazione del sistema di condutture nella tavola grafica (FLO-Sheet), che mostra tutte le pompe, i componenti, i serbatoi, le valvole di controllo e le interconnessioni tra tubazioni.
- Disegnare uno schema della rete in 2-D o in formato isometrico.
- Dimensionare le singole tubazioni utilizzando le tabelle elettroniche di dati relativi a tubazioni, valvole e flussi.
- Selezionare pompe e valvole di controllo dai cataloghi elettronici forniti dai produttori, ottimizzando i pompaggi e il funzionamento del sistema.
- Calcolare le grandezze caratteristiche di funzionamento del sistema, tra cui pressioni, portate, e prevalenza netta disponibile (NPSHa, Net Positive Suction Head available).
- Calcolare i costi operativi annuali per le pompe nel sistema.
- Stabilire un collegamento bidirezionale tra PIPE-FLO Professional e Microsoft Excel.
- Creare collegamenti interni per permettere un accesso immediato ai documenti di supporto necessari per la progettazione, la costruzione, e la conduzione del sistema di condutture.
- Condividere le informazioni relative al sistema di condutture attraverso i report e il visualizzatore PIPE-FLO Viewer.
- Calcolare e confrontare i costi operativi relativi alle varie pompe per qualsiasi configurazione o allineamento – Calcolo dei costi operativi.
- Generare la curva caratteristica completa a partire da un singolo coefficiente di flusso e una specifica posizione della valvola, selezionando i dati da una lista relativa alle tipologie di configurazione della valvola e caratteristiche di flusso – Inserimento rapido dei dati di controllo della valvola.

- Cambiare automaticamente la configurazione delle valvole di controllo, dalla posizione corrispondente a una certa portata a una posizione calcolata manualmente – Funzionamento delle valvole di controllo.
- Calcolare la pressione atmosferica ad ogni quota specifica – Calcolo della pressione atmosferica.
- Inserire un qualsiasi numero di immagini di sfondo nella tavola grafica (FLO-Sheet) – Ottimizzare la tavola grafica (FLO-Sheet).
- Aggiungere un'intestazione nelle stampe dei report e personalizzarli – Ottimizzazione delle stampe dei report.
- Modificare la tavola grafica (FLO-Sheet) con uno sfondo bianco per una visione migliore – Modalità di presentazione.
- Copiare e incollare usando i tasti di scelta rapida standard. – Ottimizzazione delle funzioni di copia & incolla.
- Scegliere tra i simboli disponibili per l'inserimento di nuovi serbatoi e componenti – Simbologia per i dispositivi
- Accedere ai dati di progetto relativi a più misuratori, pompe, componenti e valvole di controllo – Possibilità di creare codici per i collegamenti.

3.4.5 SynerGEE® Water

SynerGEE Water è un pacchetto software di simulazione utilizzato per modellare ed analizzare reti di condutture chiuse, regolatori, valvole, pompe, riserve, serbatoi, pozzi e gallerie drenanti. SynerGEE non solo esegue una serie di utili analisi, lo può fare in sistemi estremamente grandi, con più di 100.000 elementi tra tutte le condutture e i dispositivi di funzionamento. SynerGEE è molto flessibile. E' possible scegliere il livello di dettaglio, da una semplice analisi idraulica di una singola zona di pressione ad una relativa alla propagazione delle sostanze e alla qualità dell'acqua in un sistema multizone. Inoltre, SynerGEE può modellare complessi sistemi di controllo per le pompe, le valvole e i regolatori in qualsiasi scenario operativo. Sono disponibili moduli opzionali per necessità più avanzate come l'isolamento di alcune zone, l'analisi di affidabilità, la gestione e calibrazione di sottodistretti. Questi moduli e applicativi includono il modulo Customer Management per il collegamento tra SynerGEE e i Sistemi informativi relativi all'utenza esistenti, Model Builder, che permette di importare, filtrare ed eseguire query su dati da più sorgenti GIS esterne, e CalPrep, che aumenta la velocità e affidabilità del modo in cui l'utente procede alla calibrazione dei modelli, al calcolo delle perdite e alla ricostruzione dei consumi domestici non misurati utilizzando data logger e telemetria.

3.4.6 WATER CAD – WATER GEMS

WaterCAD

WaterCAD® è una soluzione di facile utilizzo per la modellazione idraulica e della qualità dell'acqua nei sistemi di distribuzione idrica. Dall'analisi delle portate ad uso antincendio e delle concentrazioni delle sostanze, fino alla gestione dei consumi energetici e dei costi capitali, WaterCAD supporta professionisti e aziende nell'analisi, la progettazione e l'ottimizzazione dei sistemi di distribuzione dell'acqua.

Come optional, gli utenti di WaterCAD possono lavorare in modalità stand-alone e su piattaforma MicroStation®, con integrazione AutoCAD disponibile per la modellazione nell'ambito del loro ambiente CAD preferito. Indipendentemente dalla piattaforma utilizzata, WaterCAD mantiene un unico set di file di modellazione per l'effettiva interoperabilità tra le diverse piattaforme. L'interfaccia stand-alone offre una versatilità senza pari, con strumenti relativi al layout di modello di facile utilizzo, la possibilità di supportare diverse cartografie di

base, utilità di conversione da CAD, GIS e database e la possibilità di operazioni illimitate di annullamento e ripristino. L'interfaccia MicroStation, inclusa senza costi aggiuntivi in tutte le versioni di WaterCAD, fornisce un ambiente geospaziale e di progettazione ingegneristica con possibilità di visualizzazione e strumenti di pubblicazione senza rivali. Gli utenti AutoCAD possono anche aggiungere funzionalità di integrazione con AutoCAD per costruire e delineare modelli, con precisione ingegneristica, all'interno di un ambiente in cui si trovano già a loro agio.
I moduli geospaziali LoadBuilder™ e TRex™ supportano i tecnici ingegneri nell'allocazione della domanda idrica e nell'attribuzione delle quote ai nodi, sulla base di dati geospaziali tratti da shapefile, DEMs, ed anche disegni CAD, evitando potenziali errori di inserimento manuale e velocizzando il processo di costruzione del modello. Gli utenti waterCAD possono anche utilizzare disegni CAD per creare direttamente modelli idraulicamente connessi, importare topologia e dati da GIS e creare connessioni permanenti e biderezionali tra shapefile, database, fogli di lavoro condivisi e modelli WaterCAD.

Le funzionalità relative alla qualità dell'acqua fornite dal programma supportano gli utenti WaterCAD nelle valutazioni circa le sostanze presenti, l'età dell'acqua, il mescolamento nei serbatoi e l'analisi di tracciabilità delle fonti per sviluppare programmi di clorazione completi, simulare eventi di emergenza per contaminazione, visualizzare le zone di influenza delle varie fonti di approvvigionamento, e così migliorare le caratteristiche di torbidità, sapore e odore identificando i problemi di miscelazione dell'acqua nel sistema.

Usando il Fire Flow Navigator, gli utenti WaterCAD possono stabilire velocemente e accuratamente la capacità della loro rete di garantire la protezione contro gli incendi. WaterCAD può simulare diversi eventi di richiesta antincendio contemporanei, valutando portate e pressioni lungo l'intero sistema.

Il Criticality Analysis Center è un'utilità completa che permette di identificare gli elementi critici tra le infrastutture del sistema di distribuzione idrica e valutare i rischi associati al loro malfunzionamento. Inoltre, utilizzando controlli operativi basati su regole, pompaggi a velocità variabile (VSP, Variable Speed Pumping), e domanda in funzione della pressione (PDD Pressure-Dependent Demands), i tecnici ingegneri possono identificare problemi operativi, minimizzare i consumi energetici e simulare in tempo reale l'effetto di determinate operazioni, al fine di controllare la configurazione del sistema e simulare, valutare, visualizzare e paragonare un numero illimitato di scenari "what if" ("cosa succede se…") in un unico file. I tecnici ingegneri possono agevolmente assumere decisioni confrontando un numero illimitato di scenari, analizzando le alternative di riabilitazione su vari orizzonti di pianificazione, valutando delle strategie di funzionamento delle pompe o le possibilità di lavaggio in caso di emergenze per contaminazione.

WaterGEMS

WaterGEMS è una soluzione per la modellazione idraulica e della qualità dell'acqua per i sistemi di distribuzione idrica con avanzata interoperatività, possibilità di costruire modelli geospaziali, ottimizzazione e strumenti di gestione dei beni. Dall'analisi delle portate ad uso antincendio e delle concentrazioni delle sostanze, fino alla gestione dei consumi energetici e dei costi capitali, WaterGEMS fornisce un ambiente di facile utilizzo per i tecnici ingegneri per analizzare, progettare, e ottimizzare i sistemi di distribuzione dell'acqua.

Gli utenti WaterGEMS sfruttano la potenza e la versatilità offerta dalla possibilità di lavorare con CAD, GIS e piattaforme stand-alone accedendo ad una singola fonte di dati progettuali condivisa. Con WaterGEMS, aziende di gestione e consulenti hanno a disposizione un supporto incorporato per quattro piattaforme interoperabili, tutte in un unico prodotto. Non è necessario operare una scelta, in quanto in tutte le piattaforme sono incluse:

1. Stand-alone per Windows, per la facilità d'uso, l'accessibilità e le prestazioni

2. ArcGIS, per l'integrazione GIS, le mappature tematiche e le pubblicazioni
3. MicroStation, per i collegamenti tra pianificazione geospaziale e ambienti di progettazione ingegneristica
4. AutoCAD, per la semplicità di visualizzazione e disegno tramite CAD

Le aziende di gestione e i consulenti possono condividere un set di dati unico pur utilizzando interfacce differenti, e i gruppi di modellazione possono far conto sulle competenze degli ingegneri che operano in diversi dipartimenti. Gli ingegneri possono appiattire le curve di apprendimento scegliendo gli ambienti che già conoscono e fornire risultati che possono essere visualizzati su varie piattaforme. L'interfaccia ArcGIS di WaterGEMS consente ai professionisti GIS di trarre vantaggio dall'architettura dei geodatabase della ESRI per garantire un unico set di dati per la modellazione e per il GIS. Possono creare, editare, calcolare e visualizzare modelli in WaterGEMS direttamente da ArcMap con pieno accesso a tutti gli strumenti di modellazione idraulica, come alle caratteristiche del geoprocessore che semplificano il processo di costruzione del modello.

Gi ingegneri possono sfruttare dati geospaziali, disegni CAD, database e fogli di calcolo per avviare il processo di costruzione del modello. WaterGEMS fornisce connessioni sincronizzate tra database, link geospaziali, e moduli avanzati di costruzione dei modelli che possono essere collegati con virtualmente qualsiasi formato di dati digitali. I moduli LoadBuilder™ and TRex™, inclusi in WaterGEMS, supportano i tecnici ingegneri nell'allocazione della domanda idrica e nell'attribuzione delle quote ai nodi, sulla base di dati geospaziali tratti da shapefile, diversi tipi di DEMs, ed anche disegni CAD. Questi moduli aiutano gli ingegneri ad evitare possibili errori di inserimento manuale ed ottimizzare il processo di costruzione del modello. WaterGEMS fornisce anche strumenti di revisione del disegno e della connettività per garantire un modello idraulicamente coerente. Il modulo Skelebrator® rimuove automaticamente le complessità della rete, mantenendo l'equivalenza idraulica, per affrontare efficientemente una più vasta gamma di applicazioni di modellazione.

WaterGEMS include motori di ottimizzazione degli algoritmi generati all'avanguardia, per la calibrazione automatica, la progettazione e riabilitazione, e il funzionamento delle pompe. Il modulo di calibrazione Darwin® Calibrator permette agli utenti di trovare velocemente un'ipotesi di calibrazione che si accorda al meglio con i flussi misurati, le pressioni, e lo stato degli elementi. Questo fornisce agli utenti la capacità di prendere decisioni affidabili, basate su una simulazione idraulica accurata del mondo reale; il calibratore Darwin valuta milioni di possibili soluzioni per fornire le ipotesi di calibrazione migliori possibili. Il modulo di progettazione Darwin® Designer individua automaticamente le configurazioni progettuali e le strategie di riabilitazione più convenienti o con costo minore, tenendo conto di costi capitali, costi opportunità, e vincoli relativi a pressioni e velocità. Gli ingegneri possono anche gestire i costi capitali relativi alle infrastrutture e analizzare i consumi energetici per identificare la strategia più efficiente di programmazione delle pompe. Il modulo di programmazione Darwin® Scheduler ottimizza il funzionamento di pompe a velocità fissa e variabile e l'accumulo nei serbatoi, per minimizzare i consumi o i costi energetici, in base ai vincoli relativi a pressioni, velocità, avviamenti delle pompe, volume dei serbatoi.

3.4.7 WATER NETWORKS™

Water Networks™ è un pacchetto di modellazione della distribuzione idrica pienamente dinamico basato su EPANET. Può analizzare un intero sistema di distribuzione dell'acqua, o le porzioni selezionate, in condizioni di stato stazionario o per periodi di simulazione estesi a un certo intervallo di tempo, con analisi della qualità dell'acqua, se necessario. WaterNetworks può essere utilizzato per:

- Analisi e riabilitazione di infrastrutture per la distribuzione dell'acqua esistenti

- Progettazione e comparazione degli estendimenti dei sistemi di distribuzione dell'acqua proposti
- Analisi della qualità dell'acqua
- Progetto di suddivisione del sistema di distribuzione dell'acqua
- Dimensionamento automatico e progettazione di opere di accumulo e stazioni di sollevamento
- Calibrazione del modello in base ai carichi giornalieri ed annuali
- Semplificazione della rete, eliminando così inutili complessità della stessa
- Integrazione con sistemi SCADA, consentendo un collegamento diretto con il modello di distribuzione dell'acqua, che fornisce simulazioni del sistema in tempo reale e strumenti di supporto alle decisioni.

WaterNetworks combina i complessi aspetti idraulici della distribuzione idrica e la qualità dell'acqua in un'interfaccia completamente grafica e di facile utilizzo. Sono supportate sia le unità US che metriche (SI).

WATERPAC

Il pacchetto WAERPAC include i seguenti programmi software relativi al calcolo idraulico delle reti di approvvigionamento idrico:

A. CROSS (v. 8.2), calcolo idraulico delle reti di approvvigionamento idrico
B. CROSSPLOT (v. 8.2), calcolo dei profili longitudinali
C. CROSSPLAN (v. 8.2), pianificazione dello sviluppo delle reti
D. WERTWASSER (v. 8.0), valutazione delle proprietà delle reti di approvvigionamento idrico

Con il programma CROSS, possono essere calcolate reti di approvvigionamento idrico sia chiuse che ramificate. Il programma processa i seguenti elementi: idrante, valvola a saracinesca, valvola di ritegno, fonte di approvvigionamento, bottino di presa, serbatoio in pressione, serbatoio pensile, e regolatore di flusso. L'alimentazione della rete può avvenire tramite pompe centrifughe, pompe a pistone oppure serbatoi d'acqua in quota o serbatoi pensili. Con i regolatori di pressione, in grado di sostenere o ridurre la pressione, si possono stabilire differenti zone di pressione. Inoltre, è anche possibile una simulazione sulle 24 ore ed è possibile prevedere un piano di sviluppo del sistema rispetto alle coordinate di default. Con il programma GraPS i risultati dei calcoli possono essere valutati tramite grafici relativi alle diverse grandezze.

Con CROSSPLAN, vengono predisposti piani relativi alla situazione di calcolo e alle possibili configurazioni della rete per i sistemi di approvvigionamento idrico. CROSSPLAN utilizza i risultati di calcolo del programma CROSS. Nel piano relativo alla situazione di calcolo della rete, i nodi sono rappresentati simbolicamente come cerchi e le tubazioni come frecce e sono contrassegnati con i risultati del calcolo. Lo spessore delle linee di connessione tra i nodi è proporzionale alla portata. Le sezioni longitudianli sono disegnate secondo le norme DIN 2425 Parte-1 e REWas. I risultati della simulazione possono essere valutati e rappresentati in vari colori per i diversi distretti della rete.

Il programma CROSSPLOT fornisce i profili di distribuzione dell'acqua. Mentre si disegna, CROSSPLOT utilizza i dati del programma CROSS. Possono essere rappresentati graficamente la condotta, il profilo del terreno, nonché le linee dei carichi piezometrici relative ad un massimo di 3 diverse condizioni operative. Possono essere valutati i risultati delle simulazioni in serie di 24 ore.

Il programma WERTWASSER viene utilizzato per eseguire una stima delle quantità e dei costi, nonché valutare le proprietà del sistema di distribuzione dell'acqua. WERTWASSER utilizza i dati forniti dai programmi CROSS e/o GraPS.

3.5 Bibliografia principale

AQUIS Water Network Management and Leak Detection System.
Ripreso da http://www.7t.dk

ASCE. 1992. "*Pressure pipeline design for water and wastewater*".

Cross, H. 1936. "*Analysis of flow in networks of conduits or conductors*". Bulletin No 286, University of Illinois, Urbana, IL.

Blokker, E. J. M., Vreeburg J. H. G., Buchberger, S. G., Van Dijk, J. C., 2008. "*Importance of demand modeling in network water quality models: a review*". Drinking Water Engineering Science, 1, 27-38.

EPANET. U.S. Environmental Protection Agency (EPA).
Ripreso da http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html

Graymam, W. M. 2006. "*A quarter of a century of water quality modeling in distribution systems*". Proceedings of the 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium, Cincinat, USA

Haestad Methods. 2003. "*Advanced water distribution modeling and management*".

Jeppson, R. N. 1981. "*Analysis of flow in pipe networks*". Ann Arbor Science Publishers, Inc.

Mays, L. W. 1999. "*Hydraulic design handbook*". McGraw-Hill.

PIPE-FLO. EngineeredSoftware, Inc.
Ripreso da http://eng-software.com/products/pipeflo

Schmid, R. 2002. "*Review of modeling software for piped distribution networks*".

SynerGEE. GL Industrial Services
Ripreso da http://www.gl-group.com/water

Trifunovic, N. (2006). "*Introduction to urban water distribution*". Taylor & Francis Group, London.

WATER CAD. Bentley Systems
Ripreso da http://www.bentley.com

WATER NETWORKS. Boss International
Ripreso da http//www.bossintl.com

WATERPAC. Rehm Software Gmbh.
Ripreso da http://www.rehm.de/produkte/waterpac/Default.aspx

APPENDICE
MODELLI DI ANALISI DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE

1. Introduzione

Lo scopo del capitolo di panoramica introduttiva è quello di fornire informazioni generali sui software disponibili, basate sulle informazioni fornite dai rispettivi sviluppatori e distributori. Per ulteriori informazioni riguardo un pacchetto specifico, il lettore è invitato a contattare gli enti responsabili (aziende, organizzazioni scientifiche) oppure controllare i relativi siti internet.

Il capitolo si concentra sui modelli di analisi dei sistemi di distribuzione idrica, che vengono diffusamente utilizzati. Alcuni dei pacchetti software più utilizzati per la progettazione e l'analisi dei sistemi di distribuzione idrica vengono di seguito presentati, in ordine alfabetico:

(1) AQUIS
(2) EPANET
(3) PIPE-FLO
(4) SynerGEE Water
(5) WATER CAD – WATER GEMS
(6) WATER NETWORKS
(7) WATERPAC

2. AQUIS

AQUIS è un sistema di gestione delle reti idriche sviluppato per migliorare:

- Prestazioni idrauliche
- Qualità dell'acqua
- Sicurezza in fase operativa

Il software AQUIS, che permette interventi in tempo reale, è una piattaforma che può essere modificata e personalizzata per i diversi gruppi di utenti nell'ambito di un'azienda di gestione. L'interfaccia può essere personalizzata facilmente, in maniera funzionale alla qualifica e alle richieste di informazione di ciascun utente. AQUIS ha soluzioni rivolte a:

- L'operatore
- L'uomo sul campo
- Il pianificatore
- Lo specialista
- Le squadre di manutenzione
- Il call centre
- La direzione
- Gli utenti, che possono avere a disposizione informazioni aggiornate tramite internet, se l'azienda decide di trasmetterle

Quanto sopra introduce una serie di vantaggi:

- Le conoscenze circa il funzionamento del sistema possono essere ottenute da tutti i livelli di personale – non è richiesta esperienza nella modellazione

- Le decisioni possono essere prese anche dal personale non specializzato nella modellazione – i problemi relativi alla modellazione possono essere risolti semplicemente cliccando un pulsante alla fine
- Gli specialisti si possono concentrare sulle attività di pianificazione o le questioni più rilevanti, lasciando la gestione delle attività di base al personale operativo – il livello di operatività si alza per l'intera organizzazione
- Molti hanno introdotto una politica di "assenza di disservizi" – quindi non si possono permettere forniture con pressione troppo bassa o di chiudere una valvola per errore – il modulo AQUIS Operation assicura l'assenza di errori.

AQUIS è una piattaforma che permette all'utente di andare indietro nel tempo, valutare la situazione attuale e fare previsioni sul futuro. La costruzione del modello è diventato un compito molto più semplice grazie al Model Manager. Sono necessari solo i seguenti dati:

- Cartografia/dati GIS
- Dati/profili/georeferenziazione della domanda
- Dati relative alle quote
- Dati di calibrazione – pressione, flusso, livello e qualità dell'acqua

Una volta inseriti questi dati, il modulo Model Manager genera automaticamente il modello. Ciò che prima richiedeva un mese di lavoro, ora viene definito in poche ore.

In aggiunta, viene assicurato un controllo dati, per eliminare errori come doppie condutture, dimensioni sbagliate e condutture mancanti, che vengono identificati. Inoltre, il modello può essere aggiornato automaticamente e mantenuto in Model Manager, il che evita il noioso lavoro di aggiornamento. Attraverso l'interfaccia generica del Model Manager si possono utilizzare direttamente i dati archiviati in formato GIS per la generazione automatica del modello. Model Manager supporta:

- ESRI (SHP)
- ArcSDE
- ORACLE/SDE
- SQL
- MicroStation (DGN)
- AutoCAD (DWG/DXF)
- SmallWorld
- EPAnet
- Molti altri formati

I dati importati in Model Manager vengono controllati, e gli errori vengono corretti e registrati. E' disponibile una serie di criteri di semplificazione, che permettono di raggruppare le tubazioni inserite nel GIS di analoghi materiale, dimensione e anno di posa, oppure di rimuovere le terminazioni a cui è associata una domanda nulla o trascurabile. Le utenze vengono automaticamente associate alla tubazione più vicina e assegnate al nodo più vicino. Una funzione evidenzia le isole di rete (utenze non connesse), per facilitare la risoluzione dei problemi con i dati GIS mancanti.

Con il Model Manager, si ha accesso a tutti i tipi di strumenti di presentazione per la visualizzazione dei dati importati da GIS, dei dati del modello e dei risultati di AQUIS. Utilizzando la funzione di gestione dei layer in Model Manager, si possono personalizzare le informazioni da visualizzare selezionando e deselezionando i diversi tipi di dati. Questa funzione è particolarmente utile per ottenere, visualizzare e classificare le informazioni su tubi e nodi attribuite dal GIS.

Oltre a fornire la possibilità di costruire il modello velocemente e senza errori, Model Manger permette anche la manutenzione dello stesso. Tutti gli ID derivanti dal GIS e dal sistema di fatturazione vengono mantenuti e tracciati all'interno di Model Manager, per ogni progetto/modello che si costruisce. Qualsiasi cambiamento nei dati GIS o di fatturazione può essere trasferito e tutti i modelli vengono aggiornati con un'unica funzione. Siccome tutti i modelli sono salvati su un server, l'utente può copiare l'ultima versione aggiornata di ogni modello dall'archivio, tramite il collegamento in rete. E' disponibile la possibilità di inserimento dei dati attraverso un sistema SQL Table Editor. L'Editor permette di manipolare, cambiare e aggiornare i dati GIS, i dati del modello e i risultati della simulazione, se richiesto.
AQUIS è uno strumento perfetto per condurre studi di fattibilità e analizzare diversi scenari, per valutare gli effetti di:

- nuove aree residenziali
- nuovi siti industriali
- incrementi della domanda
- lavori di manutenzione e riabilitazione
- fluttuazioni dei consumi

Con AQUIS si può progettare la rete, per far fronte alla domanda futura o in modo di rispettare i regolamenti vigenti, migliorando il servizio. Si possono evitare situazioni di criticità e ottimizzare gli investimenti. AQUIS include una serie di funzioni e moduli che consentono risparmi in termini di costi operativi e investimenti capitali

AQUIS Hydraulic permette di valutare velocemente gli effetti delle variazioni sulla modellazione. Gli elementi di rete con carattere dinamico, come valvole, pompe e serbatoi vengono colorati in base a un codifica, per evidenziarne lo stato di operatività corrente. Le previsioni circa la pressione permettono di capire come far funzionare la rete esattamente alla pressione di servizio necessaria. In questo modo si riesce a ridurre l'effetto delle perdite esistenti.

AQUIS Water Quality rende possibile valutare in maniera rapida come le diverse condizioni operative influenzano la qualità dell'acqua. Problemi comuni di qualità dell'acqua, come il sapore e l'odore, si possono rintracciare utilizzando il modello AQUIS *age-of-water* (età dell'acqua). AQUIS può essere utilizzato per determinare l'età media, effettiva, e massima dell'acqua. Il modulo relativo alla qualità dell'acqua può anche essere utilizzato per rintracciare qualsiasi tipo di inquinante nel sistema, e per isolare le diverse zone in modo di evitare la diffusione dell'inquinamento.

AQUIS Surge consente di stabilire le ragioni di una rottura nelle tubazioni Molte aziende idriche stimano che le onde di pressione siano la causa del 50% delle rotture nelle tubazioni della rete. Il modulo AQUIS Surge può essere utilizzato per raccogliere informazioni sulle cause specifiche degli eventi di onde di pressione.

Le tipiche applicazioni idrauliche sono elencate di seguito:

- Calibrazione della la rete.
- Gestione di situazioni di pericolo, come il verificarsi di maggiori perdite e rotture lungo le condutture, interruzioni nel funzionamento degli impianti di produzione o delle stazioni di pompaggio.
- Estendimenti o ricostruzioni delle reti.
- Ottimizzazione del funzionamento.
- Pianificazione degli imprevisti.
- Costi e valutazioni sulla produzione dell'acqua.
- Analisi degli elementi dinamici del sistema, come le variazioni di portata e pressione nel tempo.
- Analisi delle perdite.
- Programmazione e progettazione degli interventi di riabilitazione.

- Progettazione di nuove reti o estendimenti.
- Valutazioni della situazione ante- e post-operam.

La calibrazione e la raccolta di informazioni sulla rete sono più facili usando le funzionalità di AQUIS, che comprendono:

- Risultati idraulici locali e globali.
- Capacità di importazione dei dati.
- Confronto tra i dati da modello e di quelli misurati.
- Esportazione dei dati in altri programmi che funzionano in ambiente Windows, come Excel.
- Utilizzo di dati tratti da AQUIS e da Windows nei report sui modelli calibrati.

La programmazione e la progettazione degli interventi di riabilitazione sono assistiti da:

- Possibilità di effettuare stampe complessive o relative a zone limitate.
- Criteri di selezione esportabili.
- Configurazione dei risultati specifici.

Dall'interfaccia, i modelli di rete possono essere estesi all'AQUIS Model Manager, che aggiorna i modelli esistenti tramite i nuovi dati tratti dai sistemi aziendali, come il GIS, il sistema di fatturazione dell'utenza e così via, o direttamente nell'interfaccia utente grafica di AQUIS.

Al fine di assistere l'utente nel valutare come la rete, nella configurazione corrente, possa far fronte ad un incremento degli usi civili o industriali, la domanda può essere complessivamente incrementata o diminuita, semplicemente utilizzando la funzione relativa al profilo della domanda. La funzione relativa ai valori estremi permette di evidenziare le condutture in cui i dati idraulici risultato della simulazione, come pressione, carico idraulico, consumi o velocità superano i valori soglia definiti dall'utente. Utilizzando un modello di simulazione, si può ottimizzare il funzionamento della rete senza ripercussioni sull'utenza. Funzioni utili a tale scopo, all'interno di AQUIS, riguardano:

- Possibilità di visualizzare variazioni dinamiche delle variabili di processo e stato degli elementi tramite codifica a colori.
- Riduzione della pressione.
- Ottimizzazione dei pompaggi e dei relativi costi operativi agendo sulle tariffe.
- Azionamento degli idranti in serie per lo scarico.
- Messaggi e report estesi rivolti all'utente.
- Raggruppamento della domanda a livello globale o locale.

Il modulo Water Quality di AQUIS fornisce una panoramica completa della composizione chimica in ogni parte della rete idrica al fine di preservare la qualità dell'acqua. Si può seguire e tracciare il percorso dell'acqua lungo la rete ed avere informazioni sulla sua composizione in ogni nodo. Il motore di simulazione della qualità dell'acqua di AQUIS permette una valutazione veloce ed accurata delle reti idriche più complesse. Si può identificare come le sostanze chimiche si muovono nel sistema, e quindi ottimizzare le concentrazioni di sostanze come nitrati, fosfati, fluoro e cloro. Per migliorare la qualità dell'acqua, AQUIS può anche determinare l'età dell'acqua. AQUIS segue il percorso dell'acqua e registra le percentuali di acqua delle diverse età in ogni punto della rete. Si può applicare lo stesso algoritmo di tracciamento per sapore e odore, e quindi assicurare che la qualità dell'acqua corrisponda alle specifiche date. AQUIS segue l'acqua e ne registra la composizione chimica in ogni punto della rete. Se un agente inquinante entra nel sistema, AQUIS può aiutare ad identificare il punto da cui è entrato. Inoltre, assiste nello sviluppo di un piano per affrontare gli imprevisti in caso di inquinamento, per esempio se c'è bisogno di determinare quali zone isolare per prevenire il diffondersi degli inquinanti. In altre parole, AQUIS permette di reagire tempestivamente e in maniera corretta. Se un agente inquinante è entrato nel sistema, AQUIS provvederà a raccomandare lavaggi della rete; quali idranti antincendio vanno azionati, quali zone devono essere mandate in scarico,

quando e per quanto tempo. AQUIS permette di realizzare un piano per affrontare gli imprevisti in caso di inquinamento. Utilizzando AQUIS, sarà possibile sapere quando l'acqua è di nuovo idonea al consumo umano.
AQUIS permette di:

- Tracciare le onde di pressione lungo la rete e determinare l'entità e la localizzazione dei picchi di pressione, in determinati scenari
- Valutare i cambiamenti operativi o meccanici richiesti, al fine di prevenire la rottura delle tubazioni
- Ridurre gli investimenti in nuove tubazioni, evitandone l'eccessivo deterioramento e prevenendo interruzioni di servizio.

AQUIS fornisce una guida su come simulare il comportamento della rete durante i transitori, per esempio nel momento dell'arresto o avvio delle pompe, dell'apertura e chiusura delle valvole, o di avvio della fornitura a grandi utenze. Aiuta a determinare le fluttuazioni di pressione che tali eventi introducono nella rete e localizzare i picchi di pressione. Con AQUIS si possono modificare le pompe o il funzionamento delle pompe, i tempi di apertura delle valvole o la configurazione della rete per assicurare la sicurezza in fase operativa.

AQUIS offre una migliore visione d'insieme e garantisce un miglioramento del funzionamento utilizzando lo strumento di simulazione della rete idrica in modalità real-time. Utilizzando in diretta i dati SCADA, il modello AQUIS si trasforma da strumento di pianificazione a strumento di decisione, integrato con le operazioni quotidiane di gestione – con benefici istantanei e ben identificati e vantaggi economici. Come un navigatore GPS in automobile, il modulo AQUIS Operation avvisa circa i problemi in rete, indipendentemente dalla svolta.

AQUIS Operation è pienamente integrato con gli SCADA e può essere predisposto per inviare un allarme al sistema SCADA se si prevedono delle condizioni di errore nella rete. Il sistema AQUIS fornisce in maniera continuativa previsioni sulle necessità della rete, in base alla sua storia e alle condizioni climatiche attuali e future.

L'interfaccia grafica utente (GUI, Graphical User Interface) è progettata per un accesso facile e intuitivo da parte di tutti gli utenti coinvolti, siano essi:

- L'operatore
- L'uomo sul campo
- Il pianificatore
- Lo specialista
- Le squadre di manutenzione
- Il call centre
- La direzione
- Gli utenti, che possono avere a disposizione informazioni aggiornate tramite internet, se l'azienda decide di trasmetterle

E' possibile generare delle VISTE (VIEWS) per ciascuna delle zone sulle quali l'azienda idrica desidera porre l'attenzione.

E' possibile pre-impostare i temi che lo specifico utente desidera visualizzare, relativi a :

- Pressione
- Velocità
- Età
- Concentrazione di cloro
- Perdite
- Altri parametri simulati da AQUIS

E' facile configurarli e definire la leggenda nel modo in cui lo specifico utente la desidera.

Il sistema permette di ottenere scenari “what-if”. A partire da un determinato scenario corrente si può immediatamente simulare una situazione “what-if”, prima di implementarla effettivamente. Se ci si trova a dover chiudere una condotta principale, o fondamentalmente qualsiasi tubazione, per manutenzione ecc., si possono controllare gli effetti. Se l’operatore desidera analizzare l’effetto sulla pressione e le velocità in rete della chiusura di un valvola specifica, diciamo per 6 ore, può selezionare la linea in questione e chiudere il collegamento, quindi far partire la simulazione utilizzando l’apposito comando.

Se l’azienda ha necessità di isolare un’area, interrompendo il servizio per alcune utenze, questo normalmente richiede personale che vada ‘porta a porta’ ad informare sul problema – o almeno che gli utenti vengano informati via lettera dell’interruzione. Se un’area deve essere isolata, si possono conoscere gli utenti coinvolti: chiusa la valvola come viene mostrato, i punti gialli rappresentano le utenze che non riveveranno acqua. Cliccando su ‘reports’ è possibile ottenere una report che mostra le utenze che non avranno acqua. E cliccando su ‘send messages’ è possible inviare messaggi per lettera, e-mail o sms.

3. EPANET 2.00.12

Descrizione

Sviluppato dalla Divisione Approvvigionamento e Risorse idriche dell’EPA, EPANET è un software che modella i sistemi di condotte idriche di distribuzione. Si tratta di un programma per Windows 95/98/NT/XP che esegue simulazioni di lungo periodo del comportamento idraulico e della qualità dell’acqua all’interno di reti di condotte in pressione; reti di condotte costituite da tubi, nodi (giunzioni tra tubi), pompe, valvole, e serbatoi o riserve. EPANET traccia il flusso dell’acqua in ogni tubazione, la pressione di ogni nodo, il livello dell’acqua in ogni serbatoio e la concentrazione delle specie chimiche lungo tutta la rete durante il periodo di simulazione. Le simulazioni possono riguardare le specie chimiche, l’età dell’acqua, l’origine ed la rintracciabilità. EPANET fornisce un ambiente informatico integrato che consente di editare i dati relativi alle immissioni in rete, condurre simulazioni idrauliche e relative alla qualità dell’acqua e visualizzare i risultati in vari formati, tra cui mappe della rete con classificazione in base al colore, tabelle di dati, grafici di serie temporali e mappe a curve di livello. EPANET, è un software di pubblico dominio, che può essere copiato e distribuito gratuitamente.

Funzioni

EPANET fornisce un pacchetto completo per le analisi idrauliche di lungo periodo, che può:

- Trattare sistemi di qualsiasi dimensione
- Calcolare le perdite di carico con le equazioni di Hazen-Williams, Darcy Weisbach, o Chezy-Manning
- Tener conto delle perdite di carico concentrate dovute a curve, raccordi, ecc.
- Modellare pompe a velocità costante o variabile
- Calcolare l’energia ed i costi di pompaggio
- Modellare vari tipi di valvole, tra cui quelle di intercettazione e di ritegno, di regolazione della pressione e di controllo del flusso
- Ammettere serbatoi di qualsiasi forma (cioè, con l’area della superficie del pelo libero che può variare con il livello)
- Considerare diverse categorie di domanda ai nodi, ognuna con il proprio tipo di variazione temporale
- Modellare il flusso disponibile, in funzione della pressione (impianti sprinkler)
- Basare il funzionamento del sistema su semplici comandi di livello serbatoio o temporizzati, ma anche su complessi controlli basati su regole

Inoltre, il modulo per l'analisi della qualità dell'acqua di EPANET può:

- Modellare il movimento di una sostanza tracciante non reattiva lungo la rete nel tempo
- Modellare il movimento e la sorte di una sostanza reattiva che può aumentare (es. sottoprodotti di disinfezione) o decadere (es. cloro residuo) nel tempo
- Modellare l'età dell'acqua lungo la rete
- Tracciare la percentuale del flusso che da un determinato nodo raggiunge tutti gli altri nodi nel tempo
- Modellare le reazioni che avvengono sia all'interno della massa liquida che a contatto con le pareti dei tubi
- Consentire che le reazioni di crescita o decadimento procedano fino ad una concentrazione limite
- Impiegare coefficienti di reazione generali, che possono essere modificati tubazione per tubazione
- Permettere concentrazioni variabili nel tempo o immissioni di sostanze in qualsiasi punto della rete
- Modellare i serbatoi di accumulo come reattori completamente miscelati, plug-flow o a due comparti

L'interfaccia utente EPANET per Windows fornisce un Editor grafico per la rete, che semplifica il processo di costruzione del modello del sistema di condutture e di attribuzione delle proprietà ai vari elementi. A supporto dell'interpretazione dei risultati di un'analisi della rete, sono a disposizione vari strumenti per il reporting e la visualizzazione dei dati. Alcuni consistono in rappresentazioni grafiche (es. grafici di serie temporali, profili e mappe a curve di livello).

Applicazioni

EPANET è stato sviluppato per supportare le aziende di gestione dei servizi idrici nel mantenere e migliorare la qualità dell'acqua erogata all'utenza attraverso il sistema di distribuzione. Può essere utilizzato per definire programmi di campionamento, studiare il decadimento dei disinfettanti e la formazione di sottoprodotti e condurre una valutazione circa l'esposizione al rischio dell'utenza. Può essere d'aiuto nella valutazione di strategie alternative per il miglioramento della qualità dell'acqua, come modificare l'utilizzo delle fonti nei sistemi con più di un approvvigionamento, modificare i programmi di pompaggio e i tempi di riempimento/svuotamento dei serbatoi per ridurre l'età dell'acqua, utilizzare stazioni di richiamo della disinfezione nei punti chiave per mantenere il residuo desiderato e pianificare un'efficiente programma di pulizia e sostituzione delle condutture mirato. EPANET può anche essere utilizzato per pianificare e migliorare le prestazioni idrauliche di un sistema. Il software può essere di supporto per il posizionamento e dimensionamento di tubazioni, pompe e valvole, per l'ottimizzazione dei consumi energetici, per l'analisi dei flussi antincendio, per gli studi di vulnerabilità e per la formazione degli operatori.

Il kit del programmatore

Il kit di strumenti (toolkit) a disposizione del programmatore di EPANET è una libreria a collegamento dinamico (DLL, Dynamic Link Library) di funzioni che permettono allo sviluppatore di personalizzare il motore di calcolo di EPANET secondo i propri bisogni. Le funzioni possono essere inserite all'interno di applicazioni 32-bit di Windows, scritte in C/C++, Delphi, Pascal, Visual Basic, o qualsiasi altro linguaggio che possa richiamare funzioni nell'ambito della DLL di Windows. Ci sono oltre 50 funzioni che possono essere utilizzate per aprire un file di descrizione della rete, leggere e modificare vari parametri di progettazione e di funzionamento della rete, lanciare simulazioni multiple di lungo periodo, con possibilità di accesso ai risultati man mano che vengono generati o salvati su un file e scrivere i risultati selezionati in un file nel formato specificato dall'utente. Il toolkit è utile per sviluppare applicazioni specifiche, come modelli per l'ottimizzazione o la calibrazione automatica, che richiedono l'esecuzione di molte analisi di rete. Può semplificare la gestione con l'aggiunta di capacità di analisi in ambienti di modellazione delle reti integrati, basati sulla progettazione assistita dall'elaboratore (CAD), sui sistemi

informativi geografici (GIS), e su pacchetti database. E' disponibile un file di help per Windows, che spiega come utilizzare le varie funzioni del toolkit; esso offre alcuni semplici esempi di programmazione. Il toolkit comprende anche diversi file di intestazione, file di definizione delle funzioni, e file di tipo .lib, che semplificano il compito di interfacciarsi con i codici C/C++, Delphi, Pascal e Visual Basic.

Estensione multi-specie

EPANET-MSX (Multi-Species eXtension) è una estensione di EPANET che gli permette di modellare schemi di reazione complessi tra più specie chimiche e biologiche, sia all'interno della massa liquida che a contatto con le pareti del tubo. Questa capacità è stata incorporata sia in un programma eseguibile stand-alone che nella libreria delle funzioni (toolkit) che i programmatori possono utilizzare per sviluppare applicazioni personalizzate. L'estensione multi-specie richiede un ulteriore file di input per l'MSX, in cui l'utente specifica che le espressioni matematiche che governano le dinamiche di reazione del sistema che si sta studiando. Questo approccio consente all'utente la flessibilità di modellare una vasta gamma di reazioni chimiche di interesse dei gestori di sistemi idrici, di consulenti, e di ricercatori. Alcuni esempi comprendono l'auto-decomposizione delle clorammine in ammoniaca, la formazione di sottoprodotti di disinfezione, la ri-crescita biologica, incluse le dinamiche di nitrificazione, le costanti di reazione combinate nei sistemi a più fonti e le reazioni di adsorbimento sulle pareti del tubo e di ossidazione, limitate dal trasferimento di massa. EPANET-MSX è distribuito in un file compresso di tipo zip che contiene una un file principale eseguibile, diverse librerie di funzioni e un Manuale Utente. Il file eseguibile può essere utilizzato per lo svolgimento di analisi relative alla qualità dell'acqua senza alcun ulteriore sforzo di programmazione. La libreria di funzioni può essere utilizzata congiuntamente all'esistente toolkit del programmatore di EPANET, per sviluppare applicazioni personalizzate. Fino a questo momento, il software non è ancora stato integrato in un'interfaccia Windows, ma potrebbe esserlo in futuro.

Assistenza

Non esiste un'assistenza tecnica formale per EPANET. Una listserv di Utenti EPANET, creata dall'Università di Guelph, in Canada, permette agli iscritti di porre domande e scambiare informazioni. Per iscriversi, basta mandare un'e-mail all'Università di Guelph; nel corpo dell'e-mail, bisogna inserire la dicitura "subscribe epanet-users" (iscrizione al gruppo utenti EPANET) seguita dal proprio nome.

Downloads

I seguenti file EPANET possono essere scaricati, copiati e distribuiti gratuitamente.

Data	Descrizione del file
05/03/08	Self-extracting installation program for EPANET 2.00.12 (EXE) (1.5 MB)
11/09/00	EPANET 2 Users Manual (PDF) (200 pp, 1 MB)
20/03/08	EPANET 2 Programmer's Toolkit files (ZIP) (247 KB)
27/05/08	EPANET 2 source code files (ZIP) (553 KB)
25/02/08	List of EPANET 2 updates and bug fixes (TXT) (22 KB)
07/05/08	Multi-Species Extension

4. PIPE-FLO

Panoramica
PIPE-FLO Professional fornisce una visione chiara dell'intero sistema, integrando le seguenti funzionalità in un unico programma:

- Schematizzazione della rete, che mostra come le diverse componenti del sistema e le tubazioni sono interconnesse.
- Potente motore di calcolo, che mostra il funzionamento del sistema.
- Strumenti di comunicazione, che aiutano a condividere i progetti.
- Accesso ai documenti di supporto in formato elettronico.

PIPE-FLO è un pacchetto software completo, per la progettazione e l'analisi delle reti che fornisce un quadro completo dell'intero sistema. Utilizzando PIPE-FLO è possibile:

- Disegnare una schematizzazione del sistema di condutture nella tavola grafica (FLO-Sheet), che mostra tutte le pompe, i componenti, i serbatoi, le valvole di controllo e le interconnessioni tra tubazioni.
- Disegnare uno schema della rete in 2-D o in formato isometrico.
- Dimensionare le singole tubazioni utilizzando le tabelle elettroniche di dati relativi a tubazioni, valvole e flussi.
- Selezionare pompe e valvole di controllo dai cataloghi elettronici forniti dai produttori, ottimizzando i pompaggi e il funzionamento del sistema.
- Calcolare le grandezze caratteristiche di funzionamento del sistema, tra cui pressioni, portate, e prevalenza netta disponibile.
- Calcolare i costi operativi annuali per le pompe nel sistema.
- Stabilire un collegamento bidirezionale tra PIPE-FLO Professional e Microsoft Excel.
- Creare collegamenti interni per permettere un accesso immediato ai documenti di supporto necessari per la progettazione, la costruzione, e la conduzione del sistema di condutture.
- Condividere le informazioni relative al sistema di condutture attraverso i report e il visualizzatore PIPE-FLO Viewer.
- Calcolare e confrontare i costi operativi relativi alle varie pompe per qualsiasi configurazione o allineamento – Calcolo dei costi operativi.
- Generare la curva caratteristica completa a partire da un singolo coefficiente di flusso e una specifica posizione della valvola, selezionando i dati da una lista relativa alle tipologie di configurazione della valvola e caratteristiche di flusso – Inserimento rapido dei dati di controllo della valvola.
- Cambiare automaticamente la configurazione delle valvole di controllo, dalla posizione corrispondente a una certa portata a una posizione calcolata manualmente – Funzionamento delle valvole di controllo.
- Calcolare la pressione atmosferica ad ogni quota specifica – Calcolo della pressione atmosferica.
- Inserire un qualsiasi numero di immagini di sfondo nella tavola grafica (FLO-Sheet) – Ottimizzare la tavola grafica (FLO-Sheet).
- Aggiungere un'intestazione nelle stampe dei report e personalizzarli – Ottimizzazione delle stampe dei report.
- Modificare la tavola grafica (FLO-Sheet) con uno sfondo bianco per una visione migliore – Modalità di presentazione.
- Copiare e incollare usando i tasti di scelta rapida standard. – Ottimizzazione delle funzioni di copia & incolla.
- Scegliere tra i simboli disponibili per l'inserimento di nuovi serbatoi e componenti – Simbologia per i dispositivi

- Accedere ai dati di progetto relativi a più misuratori, pompe, componenti e valvole di controllo – Possibilità di creare codici per i collegamenti.

PIPE-FLO è disponibile sia nella versione stand-alone che di rete. Le versioni stand-alone si installano nella maniera standard. Le versioni di rete richiedono apposite licenze software e presentano diverse opzioni di installazione. Sia le versioni stand-alone che di rete richiedono una chiave hardware che deve essere collegata al computer o una licenza server perché PIPE-FLO funzioni correttamente. Il sistema di help di PIPE-FLO è stato pensato per fornire risposte alle domande più comuni man mano che queste emergono.

L'acquisto o l'aggiornamento del software PIPE-FLO includono un anno di servizio di assistenza tecnica tramite il servizio TechNet della Engineered Software. Questo servizio comprende:

- Tutti gli aggiornamenti del programma
- Un software di formazione via internet
- Sconti per la partecipazione ai corsi di formazione FLO-Master
- Accesso illimitato alle conoscenze di base rese disponibili online dalla Engineered Software (www.eng-software.com/kb) e altri servizi di assistenza via internet
- Assistenza telefonica e via e-mail per l'installazione e la risoluzione di problemi relativi al programma
- Assistenza telefonica e via e-mail da parte dello staff di ingegneri della Engineered Software per questioni riguardanti la modellazione del proprio specifico sistema di condutture
- Accesso a nuovi dati sulle proprietà dei fluidi, non appena vengono inseriti nel Catalogo Fluidi della MKS (Molecular Knowledge Systems)
- Assistenza limitata alle questioni relative al funzionamento del programma e accesso alle conoscenze di base online rimangono a disposizione anche dopo la scadenza dell'abbonamento al servizio TechNet.

Capacità di fornire un quadro chiaro

Le tavole grafiche (FLO-Sheet) di PIPE-FLO Professional forniscono una schematizzazione del flusso familiare, con tutte le pompe, i serbatoi, le componenti, i controlli lungo tutto il sistema di condutture interconnesse. Con PIPE-FLO si possono utilizzare le proprie specifiche convenzioni per l'identificazione delle opere, ottenendo così una visualizzazione familiare del sistema. Passando col puntatore su un oggetto sul FLO-Sheet, ne vengono visualizzate le caratteristiche principali; per avere maggiori dettagli occorre selezionare l'oggetto con un doppio click e PIPE-FLO fornisce una scheda di dettagliato delle sue proprietà. Il FLO-Sheet mostra i risultati di calcolo, facendo vedere le pressioni e le portate che caratterizzano il proprio sistema. PIPE-FLO evidenzia le problematiche dl sistema, come una bassa prevalenza netta disponibile (NPSHa) all'aspirazione della pompa, i problemi operativi del sistema e il posizionamento improprio delle valvole di controllo.

Sistema integrato di calcolo

PIPE-FLO esegue tutti i calcoli necessari per dimensionare singole tubazioni, selezionare e valutare pompe e valvole di controllo, dimensionare misuratori di portata e sezioni di taratura ed eseguire un'analisi idraulica completa della rete estesa all'intero sistema di condutture.

Le singole condutture vengono dimensionate secondo le specifiche fornite dall'utente per la razionalizzazione del processo di progettazione. PIPE-FLO cerca le dimensioni dei tubi, le caratteristiche di valvole e accessori e le proprietà dei fluidi utilizzando tavole dei dati tecnici di progetto salvate su disco. Con il pieno controllo sulle tavole dei dati tecnici di progetto, si può personalizzare il funzionamento di PIPE-FLO in base agli standard aziendali. Le specifiche del tubo possono essere salvate e utilizzate come modelli di base da utilizzare in progetti successivi.

PIPE-FLO calcola i valori puntuali di progetto necessari per la scelta di pompe e valvole di controllo. Inoltre può selezionare pompe e valvole di controllo dai cataloghi elettronici forniti dai produttori. Una volta che l'attrezzatura viene selezionata, essa può essere inserita nel sistema di condutture, fornendo una chiara visione di come tale sistema funzioni.

Ad un sistema di condutture si richiede di funzionare in condizioni variabili. Con PIPE-FLO si possono attivare e disattivare le pompe, aprire e chiudere le tubazioni, cambiare il livello dei serbatoi e regolare i settaggi delle valvole di controllo. Queste informazioni operative possono essere salvate in sequenza, mentre PIPE-FLO calcola come jl sistema sta funzionando. Tutto ciò fornisce un quadro chiaro del funzionamento del sistema, in relazione alle diverse condizioni operative.

Comunicare con gli altri
PIPE-FLO comprende diversi strumenti di comunicazione e collaborazione, che consentono di condividere il modello del sistema di condutture con altri progettisti, ingegneri professionisti, clienti e fornitori di attrezzature, oltre che con il personale operativo presso gli impianti e gli addetti alle manutenzioni. I file di progetto di PIPE-FLO e le specifiche dei tubi fungono da modelli di base, assicurando un controllo del disegno in fase di progettazione. Iniziando un nuovo progetto utilizzando un file di progetto esistente, le specifiche relative ai tubi sono immediatamente disponibili per l'utilizzo. Selezionando le specifiche di una tubazione, il materiale, le caratteristiche di funzionamento, le regole di dimensionamento e limiti del disegno vengono definiti automaticamente. Personalizzando il tubo, la valvola e le tabelle relative alle proprietà dei fluidi, si può ulteriormente personalizzare PIPE-FLO, garantendo un controllo totale sulla progettazione. I risultati di calcolo possono essere visualizzati attraverso il programma, inviati a qualsiasi stampante o plotter supportati da Windows, o trasmessi via e-mail come file PDF, tutto questo grazie a PIPE-FLO. Si può spedire via e-mail una versione di sola lettura del proprio progetto della rete a un cliente, un fornitore o un collega. Essi possono scaricare il programma di visualizzazione PIPE-FLO Viewer (dal sito internet della Engineered Software www.eng-software.com), aprire il progetto e quindi visualizzare e stampare i risultati di calcolo.

Accesso alle informazioni di progetto
Per disegnare, costruire, testare, far funzionare e mantenere un sistema di tubazioni per fluidi è necessaria un'immensa quantità di informazioni. La possibilità di creare collegamenti (FLO-Links) offre un accesso immediato ai documenti di progettazione necessari. Ad esempio si può associare un FLO-Link ad una tubazione per visualizzare il disegno isometrico sviluppato tramite un programma CAD. Quando si seleziona il link, si apre il programma CAD e viene visualizzato il disegno isometrico.

Il disegno CAD di riferimento può trovarsi nella rete locale LAN (Local Area Network), in una WAN (Wide Area Network) o in Internet.

I FLO-Links possono far partire altre applicazioni utilizzate per il funzionamento o la manutenzione del proprio sistema di condutture. Ad esempio si può associare un FLO-Link ad una pompa e far partire tramite PIPE-FLO il software di gestione delle manutenzioni in uso, visualizzando a schermo i dati storici relativi alle manutenzioni effettuate sulla pompa selezionata.

Con PIPE-FLO Professional si possono creare diagrammi di flusso interattivi comprendenti FLO-Links, quindi salvarli come file PVS. Il visualizzatore PIPE-FLO Viewer fornisce di conseguenza un efficace interfaccia per tutti coloro che necessitano di accedere alle informazioni riguardo il sistema di condutture o di visualizzare il funzionamento del sistema.

Metodo di calcolo avanzato
PIPE-FLOW Professional utilizza il metodo di Colebrook-White per calcolare il coefficiente di perdita nelle tubazioni ed esegue tutti i calcoli relativi alle perdite di carico utilizzando o la

formula di Darcy-Weisbach o il metodo di Hazen-Williams. Il metodo di Darcy-Weisbach fornisce risultati accurati per i fluidi incomprimibili, tra cui molti fluidi di processo. Questo metodo fornisce anche risultati soddisfacenti per i fluidi comprimibili, quando le variazioni di pressione che si possono verificare in una tubazione sono inferiori al 40%. Il metodo Hazen-Williams è utilizzato più spesso per la modellazione dei sistemi di raccolta delle acque reflue, relativi alle fognature pubbliche o quando per la progettazione di impianti antincendio di tipo sprinkler. Il programma supporta tutti i tipi di valvole e accessori presenti nella guida tecnica *Crane Technical Paper n. 410* e consente l'aggiunta di ulteriori valvole e accessori.

PIPE-FLO configura automaticamente la sequenza di tutti i calcoli relativi alla rete seguendo gli anelli del sistema ed impostando le equazioni relative all'andamento del flusso e della pressione necessarie per i calcoli. Il programma calcola le portate e le pressioni di equilibrio lungo il sistema di tubazioni utilizzando il metodo della regolazione simultanea dei percorsi sviluppato dal Dott. Wood dell'Università del Kentucky. Questo metodo utilizza il metodo Hardy-Cross finché il programma non è vicino a una soluzione, poi passa al metodo lineare per completare la soluzione.

Tutti i calcoli per la scelta delle pompe vengono eseguiti utilizzando il metodo delineato nella pubblicazione *Standards for Centrifugal, Rotary & Reciprocating Pumps* dell'*Hydraulic Institute* (U.S.). Tutti I valori calcolati sono basati sui dati di funzionamento delle pompe tratti dai cataloghi relativi alle pompe forniti dai produttori. Una lista dei produttori aderenti si trova all'indirizzo internet: www.eng-software.com/pml/. Le pompe possono anche essere modellate inserendo manualmente i dati relativi alle prestazioni della pompa in forma di una tipica curva caratteristica della pompa.

Il dimensionamento delle valvole di controllo è eseguito utilizzando il metodo delineato nella pubblicazione *Standard ISA S75.01 Flow Equations for Sizing Control Valves* della *Instrument Society of America (ISA)*. I cataloghi elettronici relativi alle valvole di controllo forniscono le informazioni necessarie per la scelta e la valutazione delle valvole di controllo. Le valvole di controllo possono essere inserite manualmente nel modello del sistema di condutture, consentendo la modellazione delle valvole fornite da qualsiasi produttore.

Il dimensionamento dei misuratori di portata e delle sezioni di taratura viene eseguito utilizzando il metodo delineato nella pubblicazione *Standard ASME MFC-3M Measurement of Fluid Flow in Pipes Using Orifice, Nozzle, and Venturi* dell'*American Society of Mechanical Engineers*.

Tavole dei dati tecnici di progetto

PIPE-FLO Professional individua tipologie di tubazioni, proprietà dei fluidi e caratteristiche di valvole e accessori nelle tavole dei dati tecnici di progetto. L'utente può personalizzare il contenuto delle tavole dei dati tecnici di progetto utilizzando il programma *Table Manager* fornito. Utilizzando tale programma, si può creare la propria tabella personale, modificare le tabelle di dati esistenti o caricare le tabelle fornite dai produttori.

PIPE-FLO Professional calcola i dati relativi alle proprietà fisiche dei fluidi utilizzando i metodi di bilanciamento e di Yaws o una funzione polinominale. L'utente seleziona un fluido dalla lista delle tavole disponibili e inserisce temperatura e pressione. Il programma determina lo stato del fluido (liquido o gas) insieme con la sua densità, viscosità e pressione di vapore per i liquidi, e densità, viscosità e coefficiente di dilatazione adiabatica per i gas. Il programma è fornito con diverse tavole relative ai differenti materiali, che identificano la scabrezza del tubo, le caratteristiche, gli spessori i diametri disponibili.

La tavola delle valvole e degli accessori standard fornita con PIPE-FLO Professional contiene dati relativi all'intera gamma di tipi di valvole e accessori presenti nella guida tecnica *Crane*

Technical Paper n. 410. Possono essere create tavole relative a valvole e accessori personalizzati da associare alle tubazioni di diversi materiali e caratteristiche.

5. SynerGEE® Water

SynerGEE Water è un pacchetto software di simulazione utilizzato per modellare ed analizzare reti di condutture chiuse, regolatori, valvole, pompe, riserve, serbatoi, pozzi e gallerie drenanti. SynerGEE non solo esegue una serie di utili analisi, lo può fare in sistemi estremamente grandi, con più di 100.000 elementi tra tutte le condutture e i dispositivi di funzionamento. SynerGEE è molto flessibile. E' possible scegliere il livello di dettaglio, da una semplice analisi idraulica di una singola zona di pressione ad una relativa alla propagazione delle sostanze e alla qualità dell'acqua in un sistema multizone. Inoltre, SynerGEE può modellare complessi sistemi di controllo per le pompe, le valvole e i regolatori in qualsiasi scenario operativo. Sono disponibili moduli opzionali per necessità più avanzate come l'isolamento di alcune zone, l'analisi di affidabilità, la gestione e calibrazione di sottodistretti (vedi sotto per ulteriori informazioni).

Moduli e applicativi affidabili che soddisfano le crescenti esigenze degli utenti
Il gruppo GL ha realizzato diversi moduli opzionali per SynerGEE, che sono stati sviluppati per rispondere alle specifiche necessità degli utenti. Questi moduli e applicativi includono il modulo Customer Management per il collegamento tra SynerGEE e i Sistemi informativi relativi all'utenza esistenti, Model Builder, che permette di importare, filtrare ed eseguire query su dati da più sorgenti GIS esterne, e CalPrep, che migliora la velocità e affidabilità del modo in cui l'utente procede alla calibrazione dei modelli, al calcolo delle perdite e alla ricostruzione dei consumi domestici non misurati utilizzando data logger e telemetria.

Moduli e Applicativi opzionali
Una serie di moduli e a applicativi opzionali sono stati sviluppati per permettere agli utenti di ottenere il massimo da SynerGEE Water e gli altri sistemi in uso.

Modulo Pipe Design
il modulo di progettazione delle condutture, Pipe Design, fornisce la capacità di optare per la configurazione che minimizza i costi, tenendo conto dei livelli di qualità del servizio da garantire, sia per quanto riguarda le nuove reti che nell'ambito di programmi di riabilitazione. Il modulo Pipe Design permette all'utente di individuare rapidamente la configurazione di rete che minimizza i costi, sia per le nuove reti che nell'ambito di programmi di riabilitazione. Il nuovo modulo applica sofisticate tecniche di ottimizzazione al fine di selezionare la configurazione che minimizza i costi tenendo conto dei livelli di qualità del servizio da garantire. L'utente fornisce una tabella relativa alle tubazioni di progetto, specificando per ciascuna diametro, costo di sostituzione per unità di lunghezza e caratteristiche di scabrezza. Gli utenti forniscono anche i vincoli della progettazione come pressioni e velocità minime e massime, che devono essere rispettati nella configurazione risultante. Ad ogni vincolo può essere associato un peso, in modo che ad alcuni requisiti viene data una considerazione maggiore nella determinazione della configurazione finale. Andando oltre i fondamenti matematici, il modulo Pipe Design esegue anche un controllo pratico dei risultati. Per esempio, dal punto di vista matematico l'ottimo potrebbe essere rappresentato da una condotta telescopica. Un progettista ingegnere difficilmente accetterebbe questo risultato, quindi gli utenti possono approfondire l'analisi allo scopo di minimizzare il verificarsi di diametri variabili. Allo stesso modo, gli utenti possono voler evitare la brusca riduzione del diametro delle tubazioni, che rappresenterebbe una soluzione non pratica o sconsigliabile anche se matematicamente garantisce un costo minore. Fornite queste informazioni, il modulo Pipe Design cercherà di individuare la soluzione progettuale che determina i costi minori per uno specifico gruppo di tubazioni che soddisfino i requisiti fissati. L'analisi di progetto delle tubazioni può essere svolta in modalità di moto stazionario o in modalità di moto vario considerando un intervallo di tempo prestabilito. Tipicamente, l'analisi

verrà eseguita in corrispondenza del periodo di massimo carico nel modello. Specificando un certo numero di analisi, il modello può fornire un set di configurazioni tra cui scegliere, offrendo al progettista ingegnere alternative da mettere a confronto, favorendo la scelta dell'alternativa più pratica. Memorizzando una serie di impostazioni di progettazione e applicandole separatamente, gli utenti possono mettere a confronto i progetti risultanti dai diversi potenziali standard di progetto. Consentendo un rapido esame di numerose alternative, il modulo Pipe Design aumenterà significativamente l'efficacia delle attività di progettazione e di pianificazione delle riabilitazioni.

Modulo Area Isolation

Il modulo relativo all'isolamento delle aree (AIM, Area Isolation Module) fornisce gli strumenti necessari per la simulazione dell'isolamento di determinate aree della rete idrica, individuate dall'utente. Il modulo Area Isolation (AIM) permette di determinare velocemente l'impatto dell'isolamento di una conduttura nella rete di distribuzione. Utilizzando le valvole esistenti e quelle definite dagli utenti, il modulo AIM consente anche di importare informazioni relative a valvole non presenti nel modello corrente o da un GIS (Geographic Information System), per valutare velocemente tutte le opzioni possibili per l'isolamento. Indicando nel modulo AIM quali punti del sistema devono essere isolati, esso individua geograficamente le valvole che devono essere chiuse e visualizza l'intera area interessata dall'interruzione del servizio. L'analisi può riguardare una specifico set di valvole di intercettazione. Quando le aree da isolare vengono identificate, esse possono essere automaticamente escluse da una simulazione per determinare l'impatto idraulico dell'isolamento sul resto della rete. Il modulo AIM e il modulo di gestione dell'utenza (CMM, Customer Management Module) possono funzionare insieme per identificare le utenze interessate dall'interruzione del servizio o da una diminuzione dei livelli di servizio. Il modulo AIM offre molte utilità, sia nell'ambito della modellazione online che offline, tra le quali:

Isolamento delle condutture per la manutenzione programmata. Prima dei lavori di manutenzione o di sostituzione delle condutture, il modulo AIM può essere utilizzato per determinare quali valvole devono essere chiuse per isolare la condotta.

Isolamento delle condutture nei casi di emergenza. A seguito della rottura di una condutta, il modulo AIM è in grado di fornire un elenco delle valvole che devono essere chiuse per isolare la perdita.

Identificare tubi e nodi isolati. Quando un tubo viene isolato in un modello, il modulo AIM individua gli altri tubi e nodi che risultano esclusi in conseguenza del posizionamento delle valvole di intercettazione in relazione al tubo da isolare.

Determinare l'impatto dell'isolamento sui livelli di servizio della rete. A seguito dell'isolamento di un'area, la stessa può essere temporaneamente rimossa dal modello e si può eseguire un'analisi, in modalità di moto stazionario o di moto vario, per determinare l'impatto dell'isolamento sull'idraulica della rete e sulla qualità dell'acqua.

Identificare gli utenti interessati dall'isolamento. Utilizzando il modulo AIM insieme con il modulo CMM, si possono identificare le utenze interessate dall'isolamento pianificato o d'emergenza. Un elenco delle utenze interessate può essere utilizzato anche per altre applicazioni, ad esempio un servizio di messaggistica automatica.

Modulo Calibration

Il modulo di calibrazione, Calibration, utilizza una tecnologia basata su sofisticati algoritmi di generazione, al fine di valutare le migliaia di possibili scenari di calibrazione e individuare una soluzione. Il modulo Calibration offre la possibilità di ridurre significativamente il tempo e i costi necessari per calibrare un modello. Si può procedere alla calibrazione relativa all'attrito, alla scabrezza e al diametro dei tubi, come a quella relativa alla domanda caratteristica del sistema, perdite incluse, per gruppi di utenze, aree specifiche o interi modelli. I dati raccolti sul campo e i dati SCADA possono essere velocemente importati tramite le avanzate capacità di scambio di dati fornite da SynerGEE. Vengono predisposti set di valori di riferimento per consentire di raggruppare i dati in base al periodo di tempo o all'area di interesse e utilizzarli singolarmente o raggruppati nelle analisi di calibrazione. SynerGEE rende semplice la creazione di procedure di

calibrazione. Ogni procedura è inserita in uno scenario al quale si può ritornare, e che può essere modificato e ripreso in seguito. SynerGEE fornisce la possibilità di scegliere tra diversi metodi di calibrazione, al fine di consentire di valutare la sensibilità di macro- o micro-calibrazioni, della calibrazione relativa ad un particolare attributo o specifica per la valutazione delle perdite. Ad ogni calibrazione si può controllare l'efficacia del processo, determinare l'impatto sui calcoli delle misure sul campo e definire finestre di soluzione per interrompere i calcoli quando si raggiunge una soluzione accettabile. Le procedure di calibrazione possono essere processate in gruppo per ridurre le necessità di intervento da parte dell'utente; si possono far girare singoli modelli con diverse impostazioni o più modelli in sequenza per una revisione successiva. Si possono confrontare rapidamente diverse soluzioni di calibrazione con i dati osservati sul campo attraverso le nuove funzionalità grafiche e di relazione di SynerGEE. Quando si ottiene una calibrazione accettabile, si possono inserire i risultati nel modello base o memorizzarli come scenario per un utilizzo futuro.

CalPrep

CalPrep è un valido strumento di calibrazione in grado di importare dati da SynerGEE oltre che dati raccolti sul campo e profili di domanda, al fine di generare curve relative alle perdite ed ai consumi domestici non misurati, utilizzando la metodologia del flusso minimo notturno. CalPrep aumenta la velocità e affidabilità del modo in cui l'utente procede alla calibrazione dei modelli, al calcolo delle perdite e alla ricostruzione dei consumi domestici non misurati utilizzando data logger e telemetria. CalPrep può importare dati in maniera continuativa da SynerGEE oltre che dati raccolti sul campo e profili standard di domanda, al fine di generare curve relative alle perdite ed ai consumi domestici non misurati, utilizzando la metodologia del flusso minimo notturno. Possiede la capacità di gestire entrambe le componenti di perdita rappresentate da perdite di sottofondo e da rotture, in modo che esse possano essere modellate singolarmente per ciascun distretto di misura (DMA, District Metered Area). Tra le funzionalità disponibili:

- Ricostruzione dei profili relativi a consumi domestici non misurati e perdite utilizzando la metodologia standard nel settore del flusso minimo notturno;
- Capacità di raggruppare più DMA in "zone di calcolo" nei casi in cui non si hanno a disposizione misure dei flussi che attraversano i confini
- I profili risultanti possono essere facilmente esportati direttamente in SynerGEE insieme ai profili standard relativi a domanda e pressione
- Capacità di adattare i valori delle perdite basati sulla pressione caratteristica della zona e sulla qualità delle infrastrutture di rete, accrescendo così la precisione dei risultati
- Efficiente, importazione, archiviazione e classificazione di un grande volume di dati relativi a pressioni e portate raccolti sul campo;
- I dati raccolti sul campo possono essere facilmente e intuitivamente associati ai DMA e ai nodi del modello, utilizzando la funzione di trascinamento ("drag and drop"), riducendo così i tempi complessivi di costruzione del modello;
- I modelli CalPrep configurati possono essere periodicamente fatti girare di nuovo, con gli ultimi dati raccolti sul campo o presi dal modello SynerGEE, garantendo un risparmio di tempo significativo;
- L'autogenerazione di dati di riferimento e di tracciati di calibrazione.

Modulo Customer Management

Il modulo di gestione dell'utenza (CMM, Customer Management Module) costituisce il collegamento tra SynerGEE Water e il sistema informativo dell'utenza (CIS, Customer Information System) in uso. Il modulo Customer Management permette di creare un collegamento tra il CIS e SynerGEE. Quando il collegamento è stabilito, le informazioni relative all'utenza possono essere visualizzate per singoli (o gruppi di) tubazioni e nodi attraverso SynerGEE. Con le avanzate capacità di modellazione idraulica e di qualità dell'acqua di SynerGEE e le capacità di analisi e di assegnazione dell'utenza del modulo CMM, si ha a disposizione un set di efficaci strumenti operativi che possono essere utilizzati giorno per giorno per analizzare attivamente e gestire gli eventi relativi alla rete che interessano l'utenza. Il modulo

CMM assegna i clienti a tubazioni o nodi utilizzando le informazioni relative alle coordinate XY dell'utenza. Oltre alle coordinate XY dell'utenza, il modulo CMM considera anche il diametro o il materiale della tubazione durante il processo di assegnazione, se queste informazioni sono disponibili nel CIS. Il modulo CMM può utilizzare tali dati per identificare la condotta giusta, quando più condotte si trovano nelle immediate vicinanze delle coordinate attribuite all'utenza. Il CMM può anche acquisire le informazioni relative all'assegnazione dell'utenza anche da altre fonti, come il GIS, se disponibili. Il CMM consente anche di trasferire velocemente le informazioni richieste dal CIS al modello SynerGEE. Utilizzando le capacità di trasferimento della domanda, propria del modulo di gestione dei sottosistemi (SMM, Subsystem Management Module), si può popolare un modello in maniera completa con il caricamento dei corretti scenari di domanda, per aumentare la velocità di modellazione. Si possono utilizzare profili variabili nel tempo per distinguere le utenze con profili di utilizzo dell'acqua diversi e distribuire dati relativi alla domanda. Accedendo al database CMM, in ambiente SynerGEE, si può velocemente ottenere un elenco delle utenze assegnati ai vari tubi o e nodi. Selezionato sia il singolo che il gruppo di tubi (o nodi), il CMM fornisce una lista delle utenze ad essi assegnate. Avere la possibilità di visualizzare i dati relativi all'utenza, fornisce uno strumento per identificare la domanda caratteristica di una determinata area, così come per identificare le utenze interessate dalle interruzioni di servizio o dalle variazioni del sistema. Il CMM offre numerosi modelli di report predefiniti che forniscono informazioni su tutti i processi e i risultati. Il CMM permette di visualizzare la tubazione o il nodo al quale le utenze sono assegnate nel modello selezionando l'utenza nell'editor del CMM e richiedendo a SynerGEE di localizzare ed evidenziare nel modello la tubazione o il nodo corrispondente.

LIQT

LIQT è un prodotto software di simulazione avanzato, interattivo, che può essere utilizzato per eseguire analisi dei fenomeni transitori che si verificano nei sistemi di condotte chiusi, di qualsiasi complessità. Il gruppo GL offre ai distributori strumenti software completi e servizi di consulenza per la gestione delle infrastrutture sotterranee a rete. Grazie a decenni di esperienza nella fornitura di servizi di consulenza alle aziende di distribuzione dell'acqua, il gruppo ha acquisito la capacità di modellare con precisione i transitori idraulici. Il prodotto LIQT, la cui accuratezza e versatilità è ampiamente riconosciuta nel settore, fornisce una soluzione rapida ed efficiente a specifici problemi idraulici. LIQT è un prodotto software di simulazione avanzato, interattivo, che può essere utilizzato per eseguire analisi dei fenomeni transitori che si verificano nei sistemi di condotte chiusi, di qualsiasi complessità. Esso modella i sistemi di condutture per i liquidi, composti da tubazioni, pompe, valvole, serbatoi, accumulatori, dispositivi di contenimento delle onde di pressione e altri dispositivi tipici. Le soluzioni suggerite da LIQT fungono da supporto nella valutazione delle condizioni delle infrastrutture a rete sotterranee, nel miglioramento della progettazione dei sistemi, nella conduzione di studi di funzionamento e di ottimizzazione, nell'incrementare la capacità del sistema, nel testare le variazioni di procedure e nella simulazione di incidenti, nell'analisi completa della rete per verificare gli effetti della pressione e nella simulazione dei profili fisici della rete. Le analisi fornite da LIQT mettono a disposizione le informazioni necessarie per prendere decisioni appropriate riguardo materiali, costi, procedure operative e alternative di costruzione, allo scopo di garantire l'affidabilità del servizio. Le tipiche applicazioni di LIQT riguardano:

- Analisi delle procedure ordinarie o di emergenza di avvio e arresto delle pompe
- Analisi dell'effetto di un'improvvisa interruzione di corrente
- Modellazione delle varie condizioni di funzionamento delle turbine, tra cui la fase di avvio e il carico di rifiuto
- Modellazione degli effetti del funzionamento delle valvole
- Progettazione del sistema di controllo delle pressioni
- Ottimizzazione dei dispositivi di controllo dinamico del sistema
- Valutazione dell'efficacia delle componenti del sistema di tubazioni, come valvole di sicurezza rompivuoto, accumulatori, casse d'aria e valvole di sfiato
- Valutazioni realistiche circa lo sviluppo di sacche d'aria nel sistema.

- Determinazione delle probabili cause di rottura dovute a condizioni impreviste
- Formazione degli operatori simulando le reali risposte del sistema

Model Builder

Il Model Builder offre la possibilità di un collegamento continuo tra SynerGEE Water e il GIS in uso, integrando i dati dei due sistemi. La sua capacità di gestione dei dati in maniera affidabile e flessibile permette di importare dati all'interno di SynerGEE da una vasta gamma di fonti esterne, tra cui shape-file, file CAD e ArcInfoT, così come da geodatabase ArcGIS® o personalizzati. Le funzionalità del Model Builder, semplici da usare, permettono di convertire i dati di tipo puntuale del sistema GIS, come valvole e regolatori, in strutture lineari non identificabili come tubi. L'integrazione del Model Builder con il sistema GIS fornisce un processo automatico per l'efficiente manutenzione e revisione dei modelli. Il Model Builder consente di filtrare ed eseguire query sui dati provenienti da fonti esterne, in modo di costruire il modello utilizzando solo i dati necessari da ciascuna fonte. Si possono importare più layer relativi a tubazioni e accessori dal modello sorgente in una volta sola, ovvero importare ciascun layer individualmente. Si possono anche rilevare gli attributi dei file sorgente per confrontarli con i dati del sistema SynerGEE e integrare qualsiasi attributo mancante o incompleto nel GIS con i dati del modello. Questi includono dettagli della stazione di regolazione, diametri interni dei tubi, valori di scabrezza dei tubi, proprietà dei nodi sorgente, domanda dell'utenza e denominazione specifica dei nodi. Gli attributi e le configurazioni del modello importato possono essere salvate per ricostruire il modello a piacimento, anche settimanalmente o mensilmente. Il Model Builder valida i dati importati relativi a dispositivi e nodi e consente di apportare le correzioni necessarie per un funzionamento appropriato. Gli strumenti spaziali e relativi agli attribuiti possono essere utilizzati per cancellare la topologia, identificare problemi di funzionamento ed evidenziare i dati degli attributi mancanti. Gli errori rilevati vengono salvati in un file di scambio e possono essere visualizzati e corretti nel sistema GIS. Il Model Builder ottimizza drasticamente anche il tempo richiesto per costruire i modelli SynerGEE. Dopo la conversione dei dati iniziali dal formato GIS, il Model Builder di SynerGEE mantiene le impostazioni personalizzate, permettendo di ricostruire i modelli con un semplice clic del mouse.

Modulo OnLine

Il modulo di collegamento in rete, OnLine (OLM, OnLine Module) consente di trasferire automaticamente dati operativi e di riferimento dal sistema SCADA in uso a SynerGEE per eseguire simulazioni sulla rete in condizioni di moto stazionario o moto vario. Il modulo OLM può essere di supporto per:

- fornire un supporto decisionale all'operatore
- generare dati di modellazione relativi a periodi estesi nel tempo
- integrare i dati SCADA
- automatizzare la simulazione e la generazione dei risultati utilizzando diversi set di dati operativi
- Modulo OnLine

Il modulo OLM cerca una serie di dati operativi e di riferimento (tra i quali i parametri idraulici e relativi alla qualità dell'acqua) in posizioni e con una frequenza predefinite. I dati vengono caricati in SynerGEE attraverso un file di importazione (CSV), con separatore costituito da una virgola, e la simulazione con le nuove condizioni operative viene eseguita automaticamente. Il modulo OLM e SynerGEE comunicano l'uno con l'altro in modo che l'OLM possa prendere decisioni relative al controllo della simulazione online, basandosi sulle condizioni dei modelli all'interno di SynerGEE. I risultati dei modelli si possono usare per generare allarmi per avvertire circa le anomalie del sistema. Vengono archiviati i I risultati di tutte le simulazioni, sia che abbiano avuto successo che no.

I risultati possono essere trasferiti da SynerGEE ad un database. Si possono selezionare e graficare i parametri di sistema nel database per fornire assistenza al sistema di monitoraggio, prendere delle decisioni e fare delle previsioni. I dati operativi saranno archivati in un formato adatto, in modo che le condizioni operative precedenti possano essere utilizzate come base per la simulazione offline di un evento particolare o relativa a un periodo esteso di funzionamento del sistema. L'OLM offre molti benefici, sia nell'ambiente di modellazione off-line che online, tra i quali:

- identificazione/risposta più veloce alle anomalie del sistema e alle situazioni di emergenza
- testing/assicurazione della qualità dei dati SCADA
- miglioramento delle tempistiche e della confidenza nei dati di modellazione e nella calibrazione
- ottimizzazione del funzionamento del sistema grazie alla migliore informazione e al reporting
- miglior coordinamento interdipartimentale delle attività

Modulo Reliability Analysis

Il modulo relativo all'analisi di affidabilità consente di determinare l'elasticità del sistema e come esso risponderà ad un guasto in una tubazione e misurerà l'impatto che ne consegue sul sistema di approvvigionamento idrico. Si possono eseguire analisi riferite allo stato stazionario relativo alla situazione dell'ora di picco, o analisi di moto vario, per determinare l'impatto di un guasto sui vari dispositivi nell'ambito del sistema o all'interno di un determinato sottosistema. Utilizzando questi risultati, si può verificare la capacità di soddisfare la domanda in ogni nodo. Il modulo Reliability Analysis aiuta anche a simulare l'importanza delle diverse tubazioni nel soddisfare la domanda del sistema, consentendo di rimuovere un tubo (ad indicare il guasto) e far girare il modello. Ogni analisi genera un punteggio tra 0 e 100 per ogni tubazione all'interno del modello o del sottosistema selezionato ed indica se il tubo ha 'fallito' o ha 'superato' l'analisi. La graduatoria conseguente l'analisi permette di misurare l'importanza delle tubazioni selezionate all'interno del sistema. I risultati dalle analisi sia in condizioni di moto stazionario che di moto vario vengono automaticamente mostrati nel registro dei risultati. Si possono anche rivedere determinati dati relativi all'analisi di affidabilità, tra cui il numero di utenze interessate, il punteggio relativo all'affidabilità della tubazione, i livelli soglia per determinare l'esito positivo/negativo e la richiesta dal sistema o la domanda soddisfatta o il calcolo dei volumi, utilizzando annotazioni sulla mappa di SynerGEE, gradazioni di colore e grafici. Il modulo relativo all'analisi di affidabilità riduce il tempo richiesto per valutare l'impatto dei guasti nelle tubazioni e fornisce informazioni circa il valore strategico dei tubi all'interno del sistema. Permette di valutare la funzione dei singoli componenti nell'ambito dell'intero sistema e genera risultati coerenti, verificabili. Il modulo Reliability Analysis consente un approfondimento unico delle prestazioni della rete e dei rischi che si possono correre per trarre maggiori vantaggi dalle infrastrutture.

Modulo Subsystem Management

Il modulo di gestione dei sottosistemi (SMM, Subsystem Management Module) contempla due potenti capacità. Gli utenti possono ora estrapolare/integrare i sottosistemi sia dal punto di vista spaziale che idraulico. Il modulo comprende anche la scheletrizzazione, che permette di sviluppare um modello semplificato o strategico.

6. WATER CAD – WATER GEMS

WaterCad

WaterCAD® è una soluzione di facile utilizzo per la modellazione idraulica e della qualità dell'acqua nei sistemi di distribuzione idrica. Le aziende di gestione, le amministrazioni comunali

e gli studi di ingegneria ritengono che WaterCAD sia uno strumento affidabile, che permette di risparmiare e rappresenta un valido supporto alle decisioni nell'ambito delle infrastrutture idriche.

Dall'analisi delle portate ad uso antincendio e delle concentrazioni delle sostanze, fino alla gestione dei consumi energetici e dei costi capitali, WaterCAD supporta professionisti e aziende nell'analisi, la progettazione e l'ottimizzazione dei sistemi di distribuzione dell'acqua.

Come optional, gli utenti di WaterCAD possono lavorare in modalità stand-alone e su piattaforma MicroStation®, con integrazione AutoCAD disponibile per la modellazione nell'ambito del loro ambiente CAD preferito. Indipendentemente dalla piattaforma utilizzata, WaterCAD mantiene un unico set di file di modellazione per l'effettiva interoperabilità tra le diverse piattaforme. L'interfaccia stand-alone offre una versatilità senza pari, con strumenti relativi al layout di modello di facile utilizzo, la possibilità di supportare diverse cartografie di base, utilità di conversione da CAD, GIS e database e la possibilità di operazioni illimitate di annullamento e ripristino. L'interfaccia MicroStation, inclusa senza costi aggiuntivi in tutte le versioni di WaterCAD, fornisce un ambiente geospaziale e di progettazione ingegneristica con possibilità di visualizzazione e strumenti di pubblicazione senza rivali. Gli utenti AutoCAD possono anche aggiungere funzionalità di integrazione con AutoCAD per costruire e delineare modelli, con precisione ingegneristica, all'interno di un ambiente in cui si trovano già a loro agio.

I moduli geospaziali LoadBuilder™ e TRex™ supportano i tecnici ingegneri nell'allocazione della domanda idrica e nell'attribuzione delle quote ai nodi, sulla base di dati geospaziali tratti da shapefile, DEMs, ed anche disegni CAD, evitando potenziali errori di inserimento manuale e velocizzando il processo di costruzione del modello. Gli utenti waterCAD possono anche utilizzare disegni CAD per creare direttamente modelli idraulicamente connessi, importare topologia e dati da GIS e creare connessioni permanenti e biderezionali tra shapefile, database, fogli di lavoro condivisi e modelli WaterCAD.

Le funzionalità relative alla qualità dell'acqua fornite dal programma supportano gli utenti WaterCAD nelle valutazioni circa le sostanze presenti, l'età dell'acqua, il mescolamento nei serbatoi e l'analisi di tracciabilità delle fonti per sviluppare programmi di clorazione completi, simulare eventi di emergenza per contaminazione, visualizzare le zone di influenza delle varie fonti di approvvigionamento, e così migliorare le caratteristiche di torbidità, sapore e odore identificando i problemi di miscelazione dell'acqua nel sistema.

Usando il Fire Flow Navigator, gli utenti WaterCAD possono stabilire velocemente e accuratamente la capacità della loro rete di garantire la protezione contro gli incendi. WaterCAD può simulare diversi eventi di richiesta antincendio contemporanei, valutando portate e pressioni lungo l'intero sistema.

Il Criticality Analysis Center è un'utilità completa che permette di identificare gli elementi critici tra le infrastutture del sistema di distribuzione idrica e valutare i rischi associati al loro malfunzionamento. Inoltre, utilizzando controlli operativi basati su regole, pompaggi a velocità variabile (VSP, Variable Speed Pumping), e domanda in funzione della pressione (PDD Pressure-Dependent Demands), i tecnici ingegneri possono identificare problemi operativi, minimizzare i consumi energetici e simulare in tempo reale l'effetto di determinate operazioni, al fine di controllare la configurazione del sistema e simulare, valutare, visualizzare e paragonare un numero illimitato di scenari "what if" in un unico file. I tecnici ingegneri possono agevolmente assumere decisioni confrontando un numero illimitato di scenari, analizzando le alternative di riabilitazione su vari orizzonti di pianificazione, valutando delle strategie di funzionamento delle pompe o le possibilità di lavaggio in caso di emergenze per contaminazione.

Interoperabilità, interfaccia, editing grafico:

- Può girare su tre piattaforme, con un unico gruppo di file:
  - ~ Stand-alone per Windows

    - MicroStation
    - AutoCAD (disponibile nellaversione WaterCAD per AutoCAD)
    - Va considerato che WaterGEMS opera in ambiente ArcGIS
- Compatibilità completa con WaterGEMS
- Possibilità di operazioni illimitate di annullamento e ripristino
- Possibilità di cambiare forma, separare e riconnettere gli oggetti
- Capacità di fondere insieme nodi posti nelle immediate vicinanze
- Etichettatura automatica degli elementi
- Ambienti di visualizzazione in scala, per schemi ed ibridi
- Prototipi degli elementi
- Vista aerea e zoom dinamico
- Memorizzazione nominativa delle viste
- Possibilità di supportare diverse cartografie di base
- Possibilità di utilizzare immagini, disegni CAD, e GIS come sfondo

Idraulica, funzionamento e qualità dell'acqua:

- Simulazione in condizioni di moto stazionario
- Simulazione estesa a un certo intervallo di tempo
- Analisi della concentrazione dei vari elementi
- Analisi delle criticità
- Tracciamento delle fonti
- Analisi del mescolamento nei serbatoi
- Analisi dell'età dell'acqua
- Analisi dei flussi antincendio
- Controlli logici o basati su regole
- Pompaggi a velocità variabile, con la possibilità di utilizzare l'applicativo APEX® (Automatic Parameter Estimation eXtension)
- Modellazione delle perdite e del funzionamento degli sprinkler
- Domanda in funzione della pressione
- Modellazione delle valvole
- Curva di carico del sistema, valida per i sistemi chiusi
- Scenari di modellazione basati su flussi unidirezionali
- Possibilità di inserire elementi con funzione di valvola di sfiato

Costruzione del modello e collegamento dei dati:

- Fogli di calcolo, database, collegamenti ODBC (Open DataBase Connectivity)
- Conversione in tubi delle polilinee dei file DXF
- Shapefile, Geodatabase, utilità Geometric Network e SDE
- Supporto della componente Oracle Spatial
- Conservazione degli ID GIS per mantenere associazioni tra i record del file di origine e gli elementi del modello
- Integrazione SCADAConnect® disponibile per trasferire i dati in tempo reale
- Ripartizione automatica della domanda in base ai dati geospaziali
- Allocazione geospaziale della domanda in base ai dati dei contatori d'utenza
- Allocazione della domanda a partire da un forfait di dati geospaziali
- Proiezione dei consumi idrici su base dati geospaziali
- Profili di consumo giornalieri, settimanali, mensili e sovrapposti
- Stima dell'acqua non fatturata e delle perdite
- Edizione globale con domanda composita
- Carico in funzione dell'area, di stime, delle portate e della popolazione
- Domanda specifica in funzione della lunghezza delle tubazioni
- Estrazione delle quote da DEM, TIN, e shapefile

- Estrazione delle quote da disegni e superfici CAD
- Scheletrizzazione dei tubi in serie (a disposizione)
- Scheletrizzazione dei tubi in parallelo (a disposizione)
- Scheletrizzazione dei tagli nelle ramificazioni (a disposizione)
- Scheletrizzazione automatizzata multi-criteri (a disposizione)

Gestione del modello:

- Scenari ed alternative illimitati
- Gestione completa dello scenario
- Scenario ad albero e gestione delle alternative
- Conservazione delle proprietà di scenari e alternative
- Gestione delle zone di pressione
- Edizione globale con tavola degli attributi
- Classificazione e filtraggio dati dei report tabulari
- Analisi statistiche sui report tabulari
- Scheletrizzazione automatizzata del modello (a disposizione)
- Librerie tecniche personalizzabili
- Set di selezione dinamici e statici
- Gestione locale e globale di unità di ingegneria
- Gestione di sottosistemi
- Strumenti di revisione disegno per verificare la correttezza dei collegamenti
- Revisione automatica della topologia
- Query relative a nodi isolati e tubazioni cieche
- Supporto fornito da ProjectWise® / Bentley Geospatial Management

Presentazione dei risultati:

- Mappe tematiche
- Grafici dinamici, multi-parametro, e multi-scenario
- Confronto tra scenari ed elementi
- Shapefile a curve di livello
- Profiling dei progressi
- Reporting tabulare avanzato con FlexTables®
- Annotazioni in base alle proprietà, codifica a colori e simbologia
- Creazione di file Google Earth (KML)

Ottimizzazione (usando algoritmi di generazione):

- Calibrazione automatizzata dei modelli con Darwin Calibrator (a disposizione)
- Ottimizzazione della progettazione e delle riabilitazioni con Darwin Designer (a disposizione)
- Ottimizzazione della programmazione delle pompe con Darwin Scheduler (a disposizione)

Gestione dei consumi energetici e dei costi capitali:

- Analisi del costo dell'energia
- Analisi dei costi capitali
- Progettazione e riabilitazione automatiche (a disposizione)
- Programmazione delle pompe automatizzata (a disposizione)

WaterGEMS

WaterGEMS è una soluzione per la modellazione idraulica e della qualità dell'acqua per i sistemi di distribuzione idrica con avanzata interoperatività, possibilità di costruire modelli geospaziali, ottimizzazione e strumenti di gestione dei beni. Dall'analisi delle portate ad uso antincendio e delle concentrazioni delle sostanze, fino alla gestione dei consumi energetici e dei costi capitali, WaterGEMS fornisce un ambiente di facile utilizzo per i tecnici ingegneri per analizzare, progettare, e ottimizzare i sistemi di distribuzione dell'acqua.

Gli utenti WaterGEMS sfruttano la potenza e la versatilità offerta dalla possibilità di lavorare con CAD, GIS e piattaforme stand-alone accedendo ad una singola fonte di dati progettuali condivisa. Con WaterGEMS, aziende di gestione e consulenti hanno a disposizione un supporto incorporato per quattro piattaforme interoperabili, tutte in un unico prodotto. Non è necessario operare una scelta, in quanto in tutte le piattaforme sono incluse:

- Stand-alone per Windows, per la facilità d'uso, l'accessibilità e le prestazioni
- ArcGIS, per l'integrazione GIS, le mappature tematiche e le pubblicazioni
- MicroStation, per i collegamenti tra pianificazione geospaziale e ambienti di progettazione ingegneristica
- AutoCAD, per la semplicità di visualizzazione e disegno tramite CAD

Le aziende di gestione e i consulenti possono condividere un set di dati unico pur utilizzando interfacce differenti, e i gruppi di modellazione possono far conto sulle competenze degli ingegneri che operano in diversi dipartimenti. Gli ingegneri possono appiattire le curve di apprendimento scegliendo gli ambienti che già conoscono e fornire risultati che possono essere visualizzati su varie piattaforme. L'interfaccia ArcGIS di WaterGEMS consente ai professionisti GIS di trarre vantaggio dall'architettura dei geodatabase della ESRI per garantire un unico set di dati per la modellazione e per il GIS. Possono creare, editare, calcolare e visualizzare modelli in WaterGEMS direttamente da ArcMap con pieno accesso a tutti gli strumenti di modellazione idraulica, come alle caratteristiche del geoprocessore che semplificano il processo di costruzione del modello.

Gi ingegneri possono sfruttare dati geospaziali, disegni CAD, database e fogli di calcolo per avviare il processo di costruzione del modello. WaterGEMS fornisce connessioni sincronizzate tra database, link geospaziali, e moduli avanzati di costruzione dei modelli che possono essere collegati con virtualmente qualsiasi formato di dati digitali. I moduli LoadBuilder™ and TRex™, inclusi in WaterGEMS, supportano i tecnici ingegneri nell'allocazione della domanda idrica e nell'attribuzione delle quote ai nodi, sulla base di dati geospaziali tratti da shapefile, diversi tipi di DEMs, ed anche disegni CAD. Questi moduli aiutano gli ingegneri ad evitare possibili errori di inserimento manuale ed ottimizzare il processo di costruzione del modello. WaterGEMS fornisce anche strumenti di revisione del disegno e della connettività per garantire un modello idraulicamente coerente. Il modulo Skelebrator® rimuove automaticamente le complessità della rete, mantenendo l'equivalenza idraulica, per affrontare efficientemente una più vasta gamma di applicazioni di modellazione.

WaterGEMS include motori di ottimizzazione degli algoritmi generati all'avanguardia, per la calibrazione automatica, la progettazione e riabilitazione, e il funzionamento delle pompe. Il modulo di calibrazione Darwin® Calibrator permette agli utenti di trovare velocemente un'ipotesi di calibrazione che si accorda al meglio con i flussi misurati, le pressioni, e lo stato degli elementi. Questo fornisce agli utenti la capacità di prendere decisioni affidabili, basate su una simulazione idraulica accurata del mondo reale; il calibratore Darwin valuta milioni di possibili soluzioni per fornire le ipotesi di calibrazione migliori possibili. Il modulo di progettazione Darwin® Designer individua automaticamente le configurazioni progettuali e le strategie di riabilitazione più convenienti o con costo minore, tenendo conto di costi capitali, costi opportunità, e vincoli relativi a pressioni e velocità. Gli ingegneri possono anche gestire i costi capitali relativi alle infrastrutture e analizzare i consumi energetici per identificare la strategia più efficiente di programmazione delle pompe. Il modulo di programmazione Darwin® Scheduler ottimizza il funzionamento di pompe a velocità fissa e variabile e l'accumulo nei serbatoi, per

minimizzare i consumi o i costi energetici, in base ai vincoli relativi a pressioni, velocità, avviamenti delle pompe, volume dei serbatoi.

Interoperabilità, interfaccia, editing grafico:

- Può girare su quattro piattaforme compatibili, con un unnico gruppo di file:
  - ~ Stand-alone per Windows
  - ~ ArcGIS (ArcMap)
  - ~ MicroStation
  - ~ AutoCAD
- Possibilità di operazioni illimitate di annullamento e ripristino
- Possibilità di cambiare forma, separare e riconnettere gli oggetti
- Capacità di fondere insieme nodi posti nelle immediate vicinanze
- Etichettatura automatica degli elementi
- Ambienti di visualizzazione in scala, per schemi ed ibridi
- Prototipi degli elementi
- Vista aerea e zoom dinamico
- Memorizzazione nominativa delle viste
- Possibilità di supportare diverse cartografie di base

Possibilità di utilizzare immagini, disegni CAD, e GIS come sfondo

Idraulica, funzionamento e qualità dell'acqua:

- Simulazione in condizioni di moto stazionario
- Simulazione estesa a un certo intervallo di tempo
- Analisi della concentrazione dei vari elementi
- Analisi della criticità
- Analisi del mescolamento nei serbatoi
- Analisi dell'età dell'acqua
- Analisi dei flussi antincendio
- Controlli logici o basati su regole
- Pompaggi a velocità variabile, con la possibilità di utilizzare l'applicativo APEX® (Automatic Parameter Estimation eXtension)
- Curva di carico del sistema, valida per i sistemi chiusi
- Modellazione delle perdite e del funzionamento degli sprinkler
- Analisi delle perdite
- Domanda in funzione della pressione
- Scenari di modellazione basati su flussi unidirezionali
- Tracciamento delle fonti
- Modellazione delle valvole
- Possibilità di inserire elementi con funzione di valvola di sfiato

Costruzione del modello e collegamento dei dati:

- Conversione in tubi delle polilinee dei file DXF
- Fogli di calcolo, database, collegamenti ODBC (Open DataBase Connectivity)
- Shapefile, Geodatabase, utilità Geometric Network e SDE
- Supporto della componente Oracle Spatial
- Conservazione degli ID GIS per mantenere associazioni tra i record del file di origine e gli elementi del modello
- Pacchetto SCADAConnect a 25 canali per trasferire i dati in tempo reale (Sistema SCADA)
- Ripartizione automatica della domanda in base ai dati geospaziali
- Allocazione geospaziale della domanda in base ai dati dei contatori d'utenza

- Allocazione della domanda a partire da un forfait di dati geospaziali
- Proiezione dei consumi idrici su base dati geospaziali
- Profili di consumo giornalieri, settimanali, mensili e sovrapposti
- Stima dell'acqua non fatturata e delle perdite
- Edizione globale con domanda composita
- Carico in funzione dell'area, di stime, delle portate e della popolazione
- Domanda specifica in funzione della lunghezza delle tubazioni
- Estrazione delle quote da DEM, TIN, e shapefile
- Estrazione delle quote da disegni e superfici CAD
- Scheletrizzazione dei tubi in serie
- Scheletrizzazione dei tubi in parallelo
- Scheletrizzazione dei tagli nelle ramificazioni
- Scheletrizzazione automatizzata multi-criteri

Gestione del modello:

- Scenari ed alternative illimitati
- Gestione completa dello scenario
- Edizione globale con tavola degli attributi
- Gestione delle zone di pressione
- Scheletrizzazione automatizzata del modello
- Classificazione e filtraggio dati dei report tabulari
- Analisi statistiche sui report tabulari
- Librerie tecniche personalizzabili
- Set di selezione dinamici e statici
- Gestione locale e globale di unità di ingegneria
- Gestione di sottosistemi
- Strumenti di revisione disegno per verificare la correttezza dei collegamenti
- Revisione automatica della topologia
- Query relative a nodi isolati e tubazioni cieche
- Supporto fornito da ProjectWise® / Bentley Geospatial Management

Presentazione dei risultati:

- Visualizzazione e mappatura diretta su ArcMap
- Mappe tematiche
- Grafici dinamici, multi-parametro, e multi-scenario
- Confronto tra scenari ed elementi
- Shapefile a curve di livello
- Profiling dei progressi
- Reporting tabulare avanzato con FlexTables®
- Annotazioni in base alle proprietà, codifica a colori e simbologia
- Creazione di file Google Earth (KML)

Ottimizzazione (usando algoritmi di generazione):

- Calibrazione automatizzata dei modelli con Darwin Calibrator
- Ottimizzazione della progettazione e delle riabilitazioni con Darwin Designer
- Ottimizzazione della programmazione delle pompe con Darwin Scheduler

Gestione dei consumi energetici e dei costi capitali:

- Analisi del costo dell'energia
- Analisi dei costi capitali
- Progettazione e riabilitazione automatiche

Software per la modellazione del colpo d'ariete e l'analisi in transitorio
HAMMER demistifica la complessa scienza del colpo d'ariete e dell'analisi in transitorio, consentendo agli utenti di svolgere tali attività di importanza critica. Affidandosi all'intuitiva interfaccia e al rigoroso motore di calcolo idraulico di HAMMER, è possibile identificare, gestire e ridurre in modo efficiente i rischi associati ai transitori.

- Sviluppo di strategie economicamente convenienti per il controllo delle sovrappressioni
- Azzeramento dei costosi danni alle infrastrutture
- Riduzione dei costi relativi a costruzione, gestione e manutenzione delle opere
- Modellazione di dispositivi di protezione dalle sovrappressioni
- Riduzione dei fenomeni di usura delle condotte
- Simulazione delle condizioni in transitorio
- Possibilità di garantire la longevità dei sistemi idrici
- Capacità di affrontare e ridurre le interruzioni di alimentazione e di servizio
- Eliminazione di guasti/errori irreversibili
- Progettazione di sistemi per il controllo delle sovrappressioni
- Riduzione dei costi relativi a gestione e manutenzione delle opere
- Eliminazione delle costose attività di progettazione ridondanti
- Riduzione al minimo delle interruzioni di servizio
- Accurata individuazione delle forze transitorie nelle condotte

HAMMER consente l'interfacciamento diretto con Water CAD e WagterGEMS, nonché l'importazione di dati da EPANET, eliminando la necessità di creare modelli (operazione che richiede solitamente molto tempo).

GIS per la gestione del patrimonio del servizio idrico
Bentley Water è una soluzione ingegneristica geospaziale completa per la progettazione e la gestione delle reti acquedottistiche.

Un semplice, eppure completo modello dei collegamenti, che comprende valvole, tubi, strutture, proprietà e connessioni costituisce la base del modello di rete intelligente di Bentley Water. La disposizione accurata e i comandi di smart editing mantengono automaticamente la connettività della rete, assicurando funzionalità intelligenti attraverso un valido motore in grado di stabilire le connessioni appropriate.

Bentley Water comprende una piattaforma GIS completa, Bentley Map. Questo permette agli utenti di approfittare di tutte le sue funzionalità, tra cui l'analisi spaziale, la generazione di buffer areali, la gestione delle mappe, le funzionalità dei tematismi e delle analisi per strati, l'applicazione delle regole economiche e topologiche, e molte altre. Il supporto di Oracle Spatial in ambienti bi- e tri-dimensionali fornisce la flessibilità di memorizzazione dei dati Bentley Water nei formati standard da Oracle fino a OpenGIS.
I report di tipo "what if" definiti dall'utente permettono di determinare cose come quali parti del servizio sarebbero influenzate da determinati cambiamenti nella rete, oppure quali valvole devono essere chiuse per isolare un specifica sezione della rete. Una potente routine di tracciamento schematizza di nuovo la rete per mostrare su quali valvole si deve agire per arrestare il flusso in una qualsiasi tubazione,indicando le condutture e le connessioni coinvolte. L'utilità di Bentley Water relativa all'analisi delle perdite associa automaticamente le registrazioni di perdite geospazialmente localizzate alle tubazioni, producendo report dettagliati in base a diametro, materiale, o qualsiasi altro attributo definito dall'utente.

Poiché Bentley Water si integra in modo trasparente con la modellazione idraulica di Haestad Methods e i software di analisi, gli utenti di WaterGEMS, WaterCAD, HAMMER, ed anche di

EPANET possono condividere i dati sui collegamenti della rete, i record relativi alle manutenzioni e i dati operativi per eseguire simulazioni idrauliche del sistema di distribuzione idropotabile.

Bentley Water è completamente personalizzabile, dalle finestre di dialogo agli attributi, attraverso l'ambiente XFM (XML Feature Modeling). Con XFM si può sviluppare la rete in maniera completa, rendendo il modello aderente alla realtà, con le tubazioni, le valvole, collegamenti e strutture effettivamente utilizzate.
Utilizzando il modulo Bentley Geo Web Publisher, gli utenti di Bentley Water possono pubblicare i dati relativi alla rete idrica attraverso un web browser con livello di accesso ai dati personalizzato. Mappe, stampe dei lavori ed altra documentazione possono essere stampate, plottate o pubblicate in diversi formati, tra i quali PDF, DGN e DWG.

Progettazione efficiente e intelligente della distribuzione per le aziende idriche
Il modulo Bentley Expert Designer Water migliora l'efficienza e le prestazioni della progettazione dei sistemi di distribuzione unendo il disegno della rete e la gestione del lavoro in un unico ambiente.
Bentley Expert Designer Water utilizza un'architettura indipendente da GIS e WMS, permettendo alle aziende di integrarla facilmente negli ambienti di lavoro in uso. Comprende funzionalità sofisticate per i layout di disegno, per la gestione degli ordini di lavoro, per eseguire stime e ottimizzazioni, la liquidazione dei lavori, la misurazione e il tracciamento dei processi. Bentley Expert Designer Water si interfaccia con diversi sistemi di gestione del lavoro per rendere più efficiente il processo di gestione dei progetti dal principio alla fine.

Bentley Expert Designer Water è l'applicativo per i progettisti, i responsabili del controllo e i loro superiori. Fornendo flussi di lavoro strutturati, integrati con la gestione del lavoro, Bentley Expert Designer Water è l'ambiente di lavoro ideale per i progettisti, per monitorare e adempire alle richieste del lavoro. Una notifica automatica di qualsiasi cambiamento dello stato di una commessa a tutte Ie parti interessate, rende noti a tutti non soltanto i progressi quotidiani, ma anche il lavoro in arrivo e quello che è rimasto indietro. Bentley Expert Designer Water funziona come accessorio di Bentley Water. Basta semplicemente cambiare le unita di lavoro ed i costi nell'esempio campione con quelli propri e si è pronti per iniziare.

Moduli accessori
Darwin Calibrator
Darwin Calibrator è uno dei moduli per l'efficienza e l'ottimizzazione disponibili per WaterCAD ed è incluso in WaterGEMS.
Il modulo integrato, tutto in uno, Darwin Calibrator permette di scegliere la calibrazione automatica usando un algoritmo di generazione o la calibrazione manuale per far mettere a punto manualmente o aggiustare i parametri del modello per un'analisi di sensibilità delle soluzioni di calibrazione. Si può anche mantenere un registro tracciabile delle procedure di calibrazione eseguite sul modello così che altri utenti possano identificare rapidamente i passi che sono stati seguiti e continuare il lavoro nel più breve tempo possibile.

Il Field Data Sets Manager di Darwin Calibrator permette un'agevole gestione di qualsiasi numero di serie di dati sul campo. Basta semplicemente selezionare lo scenario di modello su cui basare la calibrazione e si inizia a lavorare. I dati sul campo possono essere facilmente importati in Darwin Calibrator tramite SCADA o altre fonti di dati. I parametri idraulici di calibrazione vengono simulati determinando la domanda corrispondente all'ora del giorno e tutte le serie di dati sul campo possono essere prese in considerazione nella stessa sessione di calibrazione assicurando che la calibrazione sia accurata nella più ampia varietà di condizioni di carico.

Si possono determinare in maniera flessibile i valori ottimali per qualsiasi combinazione di parametri del modello come scabrezza dei tubi, domanda ai nodi e condizioni operative dei

collegamenti (tubi e valvole), che meglio corrispondono alla situazione reale del sistema idraulico.

Scabrezza dei tubi e aggiustamento della domanda per gruppi: la definizione di gruppi di oggetti permette di aggregare facilmente i parametri del modello e ridurre il problema delle dimensioni per un calcolo rapido.

Condizioni di carico relative a diversi scenari di domanda: si può calibrare il modello simultaneamente per diverse condizioni di carico, relative a diversi scenari di domanda che rispecchiano le variazioni della domanda nel tempo consentendo di prendere in considerazione anche condizioni di emergenza, come il testing dei flussi antincendio, per assicurare l'accuratezza della calibrazione.

Differenti condizioni al contorno: è possibile impostare, in maniera coerente, differenti condizioni al contorno, ad esempio velocità della pompa, livello dei serbatoi e settaggio delle valvole, che corrispondono alla situazione corrente dei dati sul campo, per una soluzione di notevole qualità.

Controllo dei parametri: si ottiene il pieno controllo delle valutazioni circa la corrispondenza del modello alla realtà, delle funzioni di ponderazione del flusso, delle ponderazioni tra portate e pressioni, con la certezza che la calibrazione tiene nel giusto livello di considerazione le misure sul campo.

Darwin Designer
Darwin Designer è uno dei moduli per l'efficienza e l'ottimizzazione disponibili per WaterCAD ed è incluso in WaterGEMS.

Il modulo integrato, tutto in uno, Darwin Designer permette di scegliere di eseguire una progettazione automatica, utilizzando un algoritmo di generazione o una progettazione manuale, in cui si possono applicare specifiche alternative di soluzione per valutare le approssimazioni di calcolo. Si può anche mantenere un registro tracciabile delle procedure di progettazione eseguite sul modello così che altri utenti possano identificare rapidamente i passi che sono stati seguiti e continuare il lavoro nel più breve tempo possibile. Una o più procedure di progettazione possono essere incluse nei diversi studi di progetto che possono essere creati per ogni progettazione nel modulo di gestione dei progetti.

Tutti i dati Darwin Designer vengono archiviati nell'ambito degli studi di progetto. Uno studio di progetto comprende i seguenti elementi:

- Una descrizione degli eventi che fungono da base per la progettazione, quando occorre scegliere lo scenario rappresentativo
- Un set di tubazioni da dimensionare o da riabilitare
- I vincoli che si devono rispettare: aggiustamenti degli scenari di domanda, vincoli relativi a pressione e/o portata, condizioni al contorno
- Un serie di diametri di progetto o opzioni di riabilitazione, con i corrispondenti costi
- Opzioni di algoritmi di generazione
- Diverse procedure di progettazione per testare le diverse possibilità
- I risultati delle procedure di progettazione

Si possono creare tanti studi di progetto quante sono le possibili configurazioni del sistema idrico.

Le priorità complessive della progettazione possono essere fissate scegliendo uno dei tre obiettivi di progettazione a disposizione:

- Minimizzare i costi, per cui i prezzi rappresentano il principale elemento di interesse. La soluzione ottimale sarà la più economica tra quelle realizzabili nell'ambito dei vincoli specifici relativi a pressioni e portate.
- Massimizzare i benefici, per cui alle prestazioni del sistema (misurate in termini di pressioni in determinati nodi) è assegnata la priorità più alta. La soluzione ottimale dovrà tener conto del budget disponibile specifico.
- Compromesso tra i diversi obiettivi, nel qual caso l'algoritmo di generazione cerca il miglior compromesso tra i costi ed i benefici in termini di pressione.

Dopo aver eseguito le procedure di progettazione, si possono rivedere le soluzioni ottimali calcolate da Darwin Designer nell'area dei risultati. Si possono generare report per confrontare le soluzioni, i gruppi di risultati relativi a progettazione e riabilitazione, ed anche i risultati relativi al rispetto dei requisiti in termini di pressione e portata. Per una comprensione più immediata comprensione dei risultati, si possono anche generare due tipi di grafici:

- Diagramma di Pareto, che mostra i benefici a fronte dei costi calcolati.
- Diagramma della distribuzione dei diametri, che mostra la lunghezza totale di tubazioni di un determinato diametro usate nella soluzione.

Una volta scelta la soluzione ottimale realizzabile, i risultati della progettazione possono essere riesportati nel modello base, o come nuovo scenario o come alternative di modello.

Skelebrator

Dopo aver costruito un mdello di distribuzione idrica a partire di set di dati GIS e CAD completi, Skelebrator aiuta a semplificarlo a diversi livelli di complessità per affrontare efficientemente una più vasta gamma di applicazioni di modellazione. Un modello tutto compreso a fronte della possibilità di eseguire studi sulla qualità dell'acqua su larga scala, comprende elementi di complessità non necessari per le analisi quotidiane relative alle zone di pressione. Skelebrator rimuove automaticamente le complessità della rete, pur mantenendo la connettività e l'equivalenza idraulica e riallocando la domanda assegnata secondo le specifiche fornite dall'utente.

Skelebrator è uno dei moduli per l'efficienza e l'ottimizzazione disponibili per WaterCAD ed è incluso in WaterGEMS.

Una delle funzioni caratteristiche di Skelebrator è l'algoritmo di rete intelligente, che elimina automaticamente eventuali disconnessioni della rete che potrebbero invalidare il modello. Questo approccio è molto più efficace rispetto alle semplici query nei database, che permettono di rimuovere tubazioni basandosi esclusivamente sugli attributi che soddisfano criteri definiti dall'utente, con possibilità di interrompe la connettività della rete e rimuove collegamenti e nodi critici.

Skelebrator permette di eseguire un grado più avanzato di scheletrizzazione, pur mantenendo il comportamento idraulico del modello più grande e complesso di partenza. Ciò si ottiene incorporando più tubi con attributi variabili in una nuova singola tubazione che tiene conto dei diversi attributi, conservando quindi il comportamento di quell'area della rete e, per estensione, di tutto il modello.

SCADAConnect

Con SCADAConnect si può:

- Integrare i flussi di lavoro relativi a operatività e modellazione
- Sperimentare un ROI tangibile per il sistema informativo
- Prendere decisioni informate e accurate con la modellazione in tempo reale
- Favorire la conoscenza di entrambi i sistemi in tutta l'organizzazione
- Automatizzare i flussi di lavoro relativi all'inserimento dati

- Risolvere i problemi dei sistemi precedenti
- Eseguire analisi forensi delle prestazioni
- Creare in maniera continuative modelli calibrati

SCADAConnect supporta la maggior parte dei sistemi commerciali SCADA.

7. WATER NETWORKSTM

Water Networks™ è un pacchetto di modellazione della distribuzione idrica pienamente dinamico basato su EPANET. Può analizzare un intero sistema di distribuzione dell'acqua, o le porzioni selezionate, in condizioni di stato stazionario o per periodi di simulazione estesi a un certo intervallo di tempo, con analisi della qualità dell'acqua, se necessario. WaterNetworks può essere utilizzato per:

- Analisi e riabilitazione di infrastrutture per la distribuzione dell'acqua esistenti
- Progettazione e comparazione degli estendimenti dei sistemi di distribuzione dell'acqua proposti
- Analisi della qualità dell'acqua
- Progetto di suddivisione del sistema di distribuzione dell'acqua
- Dimensionamento automatico e progettazione di opere di accumulo e stazioni di sollevamento
- Calibrazione del modello in base ai carichi giornalieri ed annuali
- Semplificazione della rete, eliminando così inutili complessità della stessa
- Integrazione con sistemi SCADA, consentendo un collegamento diretto con il modello di distribuzione dell'acqua, che fornisce simulazioni del sistema in tempo reale e strumenti di supporto alle decisioni.

WaterNetworks è l'unico modello che combina i complessi aspetti idraulici della distribuzione idrica e la qualità dell'acqua in un'interfaccia completamente grafica e di facile utilizzo. Sono supportate sia le unità US che metriche (SI).

Semplicità di sviluppo dei modelli

WaterNetworks è facile da imparare ed usare. I modelli WaterNetworks si possono sviluppare velocemente usando un vasta gamma di fonti diverse. Per esempio, le componenti della rete possono essere importate direttamente da AutoCAD, MicroStation e ArcGIS, e possono essere create in maniera interattiva usando un mouse semplicemente puntando e cliccando. Per rappresentare gli elementi della rete, come tubi, nodi di giunzione, pompe, valvole di controllo, serbatoi e riserve, vengono utilizzati simboli grafici. WaterNetworks consente, in qualsiasi momento, di aggiungere, inserire, cancellare o spostare in maniera interattiva qualsiasi componente della rete, aggiornando automaticamente il database di modellazione. Per esempio , selezionando e spostando un nodo, automaticamente si spostano tutti le tubazioni, le valvole e le pompe collegate. Le tubazioni possono essere curvilinee e le lunghezze possono essere calcolate automaticamente. Scansioni di Ortofoto aeree sotto forma di immagini e mappe TIFF, Ortofoto ad alta risoluzione in formato MrSID, file ArcGIS, AutoCAD, e MicroStation relativi a strade, particelle catastali, edifici, possono essere importati e visualizzati come immagine di sfondo. Questa funzione permette all'utente di digitalizzare velocemente un modello di rete, confermare la configurazione della rete, o semplicemente migliorare i risultati finali della modellazione. Inoltre, l'utente può puntare o cliccare su qualsiasi collegamento di rete, tubazione, pompa, valvola o serbatoio dalla vista planimetrica per definire rapidamente i dati richiesti come input ed i risultati di output della modellazione.

Supporto alla modellazione avanzata di EPANET

Le capacità grafiche di WaterNetworks sono senza pari, offrendo diverse viste sul piano orizzontale, e la possibilità di tracciare profili, che possono essere animati per simulazioni estese

a un certo periodo di tempo, e grafici in serie temporale. Tutte le elaborazioni grafiche possono essere stampate in qualsiasi scala definita dall'utente. Per i tracciati sul piano orizzontale è disponibile la visualizzazione completa dei risultati dell'analisi, compresi quota del nodo, livello del carico idraulico (HGL, Hydraulic Grade Line), pressione, domanda, e tutte le componenti relative alla qualità dell'acqua. Questo permette al tecnico ingegnere di interpretare velocemente i risultati della modellazione ed individuare i punti critici. Inoltre, possono essere tracciate delle frecce accanto ai tubi, ad indicare la direzione del flusso per mostrare in ogni fase del lavoro la direzione del flusso. Ancora, WaterNetworks offre una codifica a colori automatica delle tubazioni e dei nodi basata sulle proprietà di input o output, consentendo di alla rete di avere una codifica a colori in funzione del diametro dei tubi, delle zone di pressione, delle portate, delle velocità, delle perdite di carico, delle pressioni ai nodi, delle domande ai nodi, dei carichi idraulici, delle quote, dell'età dell'acqua, della percentuale di contributi delle fonti di approvvigionamento, delle concentrazioni relative alla qualità dell'acqua, o di qualsiasi altro attributo. Si possono anche specificare le scale numeriche corrispondenti alle diverse colorazioni. Inoltre, i tubi possono essere tracciati con larghezza variabile ed i nodi con raggio variabile, permettendo all'utente di identificare rapidamente quelle aree della rete che hanno maggiori portate, perdite di carico, ecc. WaterNetworks genera automaticamente le animazioni relative alle simulazioni estese a determinati periodi di tempo sia sul piano orizzontale che sui profili, con la creazione di file di tipo AVI di Microsoft. Si possono eseguire più animazioni simultaneamente, permettendo all'utente di tracciare diversi profili ed osservare tutti i risultati lungo quel tracciato, ciascuno in una finestra separata. L'animazione dei profili mostra valori che cambiano nel tempo, per le simulazioni estese a determinati periodi. Inoltre, i tracciati dei profili possono avere due assi verticali separati per permettere il tracciamento delle variabili con due famiglie di unità di misura diverse, come portata e pressione. I profili possono essere tracciati seguendo qualsiasi percorso selezionato dall'utente e possono essere visualizzati come grafici a linee, a barre, o misti, con possibilità di personalizzazione completa. Per esempio, possono essere tracciati gli sviluppi dei profili per mostrare i valori minimi e massimi raggiunti durante una simulazione estesa ad un determinato periodo. Si possono generare viste con serie temporali multiple relative ai vari elementi della rete, come portata, velocità, perdita di carico, domanda del nodo, pressione, carico idraulico, età dell'acqua, concentrazione dei vari elementi relativi alla qualità dell'acqua, curva caratteristica di funzionamento della pompa, livello dell'acqua nel serbatoio, domanda complessiva e netta del sistema, ecc. I risultati relativi ai diversi scenari possono essere visualizzati sullo stesso tracciato, consentendo all'utente di confrontare rapidamente i risultati delle analisi. I dati osservati sul campo possono quindi essere collegati direttamente a qualsiasi tracciato, rendendo facile la calibrazione del modello.

Supporto AutoCAD

Attraverso la condivisione dei dati di progetto della rete di distribuzione idrica con WaterNetworks, si possono sfruttare al meglio le funzionalità della piattaforma AutoCAD® e Civil 3D. Si possono aggiornare le dimensioni di una tubazione, modificare le quote, o la lunghezza della tubazioneall'interno di WaterNetworks e poi condividere gli aggiornamenti nel disegno AutoCAD. Questo permette di aumentare notevolmente il livello di produttività. Inoltre, i disegni AutoCAD e MicroStation della rete di distribuzione idrica esistenti possono essere convertiti automaticamente in un modello di distribuzione idrica funzionante. I diametri dei tubi, la scabrezza, le quote dei nodi di giunzione ed altri dati di disegno possono essere geo-codificati dal disegno originale nel modello.

Sofisticate capacità GIS

WaterNetworks può condividere i dati relativi alla distribuzione idrica con qualsiasi database ArcGIS, consentendo a WaterNetworks di entrare a far parte della gestione delle infrastrutture e del sistema di pianificazione. Queste potenzialità possono assistere notevolmente nei processi decisionali, per l'inventario del patrimonio, la definizione dei requisiti di riabilitazione e la programmazione finanziaria. WaterNetworks può costruire in maniera intelligente un collegamento a qualsiasi struttura database GIS che utilizzi la mappatura degli attributi e la geocodifica. Per esempio una pompa o valvola può essere rappresentata sia come nodo che

come arco nel database GIS di origine, conservando la possibilità di collegamento con WaterNetworks.

Generazione di report efficaci
Report completi dei dati di input e delle analisi di output possono essere generati automaticamente utilizzando gli schemi forniti. WaterNetworks permette la piena personalizzazione dei report relativi a input e output, utilizzando il generatore di report integrato. Questo efficace strumento di reporting e interrogazione del database, integrato direttamente in WaterNetworks, offre un approccio semplificato per la creare di report. Ciò permette all'utente una flessibilità e funzionalità illimitate nello sviluppo di report specifici definiti dall'utente. Questi report possono essere pienamente personalizzati per soddisfare qualsiasi combinazione dei criteri di modellazione relativi a qualsiasi variabile di rete, e per qualsiasi periodo di tempo, o semplicemente per aggiungere un logo aziendale, ecc. Inoltre, grazie alla struttura ad architettura aperta del database Microsoft Access utilizzato da WaterNetworks, qualsiasi altro strumento di reporting può essere utilizzato per generare report da WaterNetworks.

Motore di analisi computazionale
Il motore di analisi computazionale di WaterNetworks possiede ampie capacità di modellazione. Il programma supporta qualsiasi configurazione di rete e più categorie di domanda. WaterNetworks può gestire in modo molto efficiente modelli estesi e sistemi complessi con diverse zone di pressione in qualsiasi condizione idraulica. WaterNetworks si basa sul modello per la qualità dell'acqua, standard per il settore, EPANET versione 2.0, e va oltre gli standard di legge del *Clean Water Act* dell'EPA. Utilizza il rigoroso *"Metodo ibrido"*, che è il più potente ed efficiente metodo di calcolo per l'analisi delle reti. I calcoli relativi alle perdite per attrito nei tubi possono essere condotti utilizzando le equazioni di Hazen Williams, Darcy Weisbach, o Manning. WaterNetworks utilizza il sofisticato controllo basato su regole di valvole, pompe e serbatoi (in funzione del tempo, dei livelli dell'acqua nei serbatoi e delle pressioni ai nodi) per simulare il comportamento effettivo di qualsiasi sistema di distribuzione idrica. WaterNetworks traccerà portata e velocità dell'acqua in ogni tubo, pressione e carico in ogni nodo, quota dell'acqua in ogni serbatoio ed il movimento e la destinazione finale dei costituenti della qualità dell'acqua (come cloro, clorammina, trialometani, solidi totali disciolti, nitrati, durezza, fluoruri, ecc.) lungo l'intera rete durante una simulazione dinamica. WaterNetworks modella accuratamente i fenomeni, come le reazioni di primo ordine all'interno della massa liquida, a contatto con le pareti del tubo e nei serbatoi di accumulo. Si può assegnare un coefficiente relativo alle cinetiche di reazione globale per l'intera rete ovvero si possono assegnare valori specifici per le componenti selezionate. Si può anche eseguire il tracciamento relativo all'età dell'acqua, ai tempi di percorrenza, e all'origine delle sostanze. Il motore di analisi permette la modellazione di scenari "what if", permettendo all'ingegnere di specificare diverse alternative di modellazione sulla stessa tubazione della rete. Queste alternative possono comprendere cambiamenti selezionati dall'utente nella configurazione della rete, condizioni di domanda e cambiamenti nelle caratteristiche fisiche del sistema. Il motore di analisi di WaterNetworks può funzionare in maniera interattiva, o in modo seriale gestendo automaticamente molti scenari diversi sulla stessa rete. Entrambi i metodi permettono un'analisi rapida ed efficiente di diverse alternative di modellazione.

Analisi avanzata dei flussi antincendio
WaterNetworks può eseguire analisi automatiche dei flussi antincendio, come anche fornire grafici relativi alle curve di funzionamento degli idranti, che esprimono la pressione residua in funzione della portata disponibile. Si possono simulare sia singoli flussi antincendio che più flussi simultanei. Questo permette all'utente di valutare rapidamente l'adeguatezza della rete di distribuzione idrica e di analizzare i miglioramenti del sistema di distribuzione idrica suggeriti per soddisfare i requisiti per l'utilizzo antincendio. Si possono determinare automaticamente i nodi critici circostanti, dove la pressione di rete residua minima richiesta non è mantenuta. Inoltre, l'intero inventario di idranti antincendio di una determinata comunità può essere modellato automaticamente, anche se gli idranti non fanno parte del modello della rete. Per fare questo,

WaterNetworks si collegherà ad un database che contiene la localizzazione degli idranti, ed eseguirà automaticamente un'analisi del flusso antincendio ad ogni idrante memorizzando sistematicamente i risultati dell'analisi nel database.

Scheletrizzazione della rete

WaterNetworks può eseguire la scheletrizzazione di una rete di distribuzione idrica automaticamente e/o con assistenza manuale, consentendo all'utente di sviluppare velocemente un modello schematico per specifiche condizioni di modellazione. La domanda in corrispondenza dei nodi della rete viene aggregata automaticamente durante il processo di scheletrizzazione assicurando che il modello semplificato continui a funzionare e corrisponda fedelmente al modello originale della rete.

Database ad architettura aperta

WaterNetworks utilizza un database ad architettura completamente aperta, che gli permette di essere collegato direttamente ad un database esterno di tipo spaziale (come ArcGIS o MapInfo) o relazionale (come Oracle o SQL Server). Questo permette a WaterNetworks di essere parte del più ampio sistema di gestione e programmazione delle infrastrutture. Inoltre, la struttura del database di WaterNetworks può essere modificata o ampliata. Per esempio, il database di WaterNetworks può essere ampliato per consentire che i dati relativi alla manutenzione dei tubi e alla programmazione siano direttamente inclusi tra le informazioni di base sulla rete. Tale potenzialità può essere molto utile nei processi decisionali per l'inventario dei cespiti della rete, per i requisiti di riabilitazione e programmazione finanziaria, permettendo all'utente di recuperare velocemente le informazioni rilevanti. WaterNetworks è compatibile al 100% con le versioni versioni 1.1 e 2.0 di EPANET, e i modelli di distribuzione idrica concorrenti esistenti possono essere importati, aggiornati ed analizzati velocemente. Inoltre, da WaterNetworks si può esportare un modello finito in un file dati compatibile con EPANET. Inoltre, dati di input e risultati di output possono essere trasferiti in AutoCAD® e MicroStation® con un file DXF, consentendo di esportare il piano della rete ed i risultati dell'analisi.

Efficace gestione degli scenari

WaterNetworks fornisce una gestione degli senari, di facile utilizzo, con struttura tipo albero genealogico, che permette di valutare diversi scenari "what if" da applicare velocemente al modello base della distribuzione idrica. Questo consente all'utente di mantenere un unico modello del sistema di distribuzione idrica e quindi costruire, applicare e valutare velocemente diversi scenari che fanno riferimento al modello. Gli scenari possono essere tagliati, copiati ed incollati nei diversi rami nella finestra dell'albero genealogico, permettendo all'utente di combinare velocemente diversi scenari per un particolare aspetto della modellazione. Gli scenari sono cumulativi, ovvero più scenari in successione si possono applicare ad un ramo nella finestra dell'albero genealogico, anche i cambiamenti al modello di base sono compresi. Inoltre, è a disposizione una funzione di analisi in serie, che permette all'utente di selezionare quali scenari da analizzare, dopo di che il software procede automaticamente alle elaborazioni. La gestione degli scenari permette anche di aggiungere e cancellare elementi della rete, come tubi, stazioni di pompaggio, valvole, come anche aggiungere e cancellare sotto-modelli della rete per ciascuno scenario. Questo permette al modellatore di analizzare i piani generali con in mente la crescita futura e con i cambiamenti della destinazione d'uso del territorio. La gestione degli scenari permette un esame efficiente degli scenari alternativi di modellazione, tra cui:

- Aumento delle condotte relative ai tronchi di adduzione e di rete esistenti
- Condizioni di domanda diverse, a seguito dell'incremento della popolazione
- Condizioni al contorno di progetto alternative
- Regole di controllo e di funzionamento alternative
- Condizioni di qualità dell'acqua diverse
- Costruzione di nuove condutture per poter far fronte ai nuovi sviluppi

Si può creare un numero illimitato di scenari che condividono i dati relativi alle alternative esistenti e poi selezionare più scenari per procedere ad un'analisi di calcolo in serie. La gestione degli scenari non ha limiti per quanto riguarda quali tipi di cambiamenti possono essere apportati nelle alternative, per esempio si possono fare cambiamenti topologici (aggiungere e cancellare elementi) e sono a disposizione report relativi a tali cambiamenti.

Elaborazione automatica della domanda
WaterNetworks permette all'utente di assegnare velocemente la domanda ai nodi per l'intero sistema di rete, utilizzando la capacità del programma di gestire la distribuzione della domanda. Inoltre, per la geocodifica del consumo idrico, si possono usare file GIS relativi alla copertura del servizio, come anche distribuzioni della domanda diverse, in funzione dell'uso del suolo e della densità di popolazione. Più profili di domanda e informazioni relative alla copertura del servizio possono essere sovrapposti e la domanda risultante verrà quindi assegnata al nodo di giunzione appropriato. Si possono generare report riepilogativi della domanda assegnata ai vari nodi e le corrispondenti curve giornaliere e modelli di carico, corredati dalle statistiche sulla domanda.

Analisi dei consumi energetici
L'impiego e il costo dell'energia per una singola pompa o l'intera rete può essere determinato velocemente con WaterNetworks. L'utente può definire o importare specifiche curve di efficienza della pompa e schede relative ai consumi elettrici, ovvero selezionare tali informazioni da un set di valori di default, per procedere con i calcoli. Quindi, WaterNetworks genererà un report completo, che mostra l'impiego di energia ed il relativo costo su base oraria e giornaliera. Questo fornisce a chi opera sulla rete la possibilità di esaminare diverse procedure operative per abbassare i costi di pompaggio e migliorare l'efficienza del sistema.

8. WATERPAC

Il pacchetto WATERPAC include i seguenti programmi software relativi al calcolo idraulico delle reti di approvvigionamento idrico:

- CROSS (v. 8.2), calcolo idraulico delle reti di approvvigionamento idrico
- CROSSPLOT (v. 8.2), calcolo dei profili longitudinali
- CROSSPLAN (v. 8.2), pianificazione dello sviluppo delle reti
- WERTWASSER (v. 8.0), valutazione delle proprietà delle reti di approvvigionamento idrico

I requisiti minimi di sistema sono quelli di seguito elencati.

- Computer: Intel Pentium o compatibile
- Hard disk: 10 GB
- Memoria RAM: 256 MB
- Monitor: 1024x768 a colori
- Sistema operativo: Windows XP, SP2 o successivo
- Software: Internet Explorer 6, Microsoft word 2000.

CROSS
Descrizione
Con il programma CROSS, possono essere calcolate reti di approvvigionamento idrico sia chiuse che ramificate. Il programma processa i seguenti elementi: idrante, valvola a saracinesca, valvola di ritegno, fonte di approvvigionamento, bottino di presa, serbatoio in pressione, serbatoio pensile, e regolatore di flusso. L'alimentazione della rete può avvenire tramite pompe centrifughe, pompe a pistone oppure serbatoi d'acqua in quota o serbatoi pensili. Con i regolatori di pressione, in grado di sostenere o ridurre la pressione, si possono stabilire

differenti zone di pressione. Inoltre, è anche possibile una simulazione sulle 24 ore ed è possibile prevedere un piano di sviluppo del sistema rispetto alle coordinate di default. Con il programma GraPS i risultati dei calcoli possono essere valutati tramite grafici relativi alle diverse grandezze.

Elementi base della progettazione

La base del calcolo è quella del foglio di lavoro GW 303 dell'Ente di certificazione DVGW: "Calcolo delle reti di condutture con elaboratori elettronici dei dati". I calcoli idraulici vengono eseguiti secondo la formula di Prandtl-Colebrook e la formula di Darcy per le perdite. La soluzione iterativa delle equazioni ai nodi e alle maglie viene ricercata secondo la procedura dell'"equazione delle perdite di carico" di Kirchhoff. I dati di rete consistono in scheda nodi, scheda tubazioni, scheda serbatoi, pompe e punti di variazione della pressione. La rete può essere suddivisa in diversi sottosistemi, che possono essere risolti singolarmente o in combinazione. Nella scheda nodi, dovrebbero essere indicati la quota e la portata in uscita, come domanda. Nella scheda tubazioni, è necessario avere indicazioni circa nodo iniziale e finale, diametro nominale, coefficiente di scabrezza e lunghezza del tubo. L'ordine sequenziale dell'input di nodi e tubazioni è arbitrario. Le pompe centrifughe sono definite dalle caratteristiche di pompaggio. Un aumento di pressione e/o una riduzione della pressione, in corrispondenza di un dispositivo di regolazione della pressione, è definito dal relativo valore della variazione in m. Per contro, può essere fornita una pressione costante, in m, durante un controllo della pressione. Un serbatoio sopraelevato è definito assegnando la quota dell'acqua dell'alimentazione ad un nodo. Si possono definire diverse situazioni (condizioni operative), secondo le esigenze. Singoli elementi (es. le pompe) possono essere attivi o inattivi a seconda dei casi. Sono possibili diverse varianti riferite alla domanda idrica: domanda concentrata nei nodi, domanda distribuita lungo le tubazioni o combinazioni delle due. Quantità aggiuntive costanti di acqua, tra cui le richieste antincendio, possono essere prese e calcolate separatamente. Nella scheda nodi, le quantità di acqua relative a un caso specifico possono essere cambiate utilizzando un fattore moltiplicativo generale. Nel caso di domanda concentrata nei nodi, la domanda specifica (l/s) è introdotta nella scheda nodi in ogni punto di estrazione. Nel caso di domanda distribuita, può essere assegnata ad ogni tubazione una zona di fornitura (in base alle registrazioni dei misuratori). A parte il calcolo relativo al caso specifico, il programma CROSS esegue anche simulazioni in serie per 24 ore. Profili di carico variabile vengono assegnati ai singoli elementi della rete sotto forma di curve caratteristiche (es. domanda nei nodi variabile nel tempo, capacità di pompaggio variabile, spegnimento delle pompe, quota di alimentazione dell'acqua dai serbatoi sopraelevati variabile, ecc.). CROSS offre diverse opzioni per la valutazione dello specifico risultato nell'ambito della simulazione sulle 24ore. Dopo aver impostato una pressione di riferimento (la pressione minima accettabile per il funzionamento antincendio) e una quantità aggiuntiva di domanda idrica, che vengono quindi messe in relazione con tutti i nodi, si può completare il calcolo automatico relativo agli effetti di un intervento antincendio.

Dati di output

A seconda delle esigenze, possono essere archiviate condizioni operative differenti (profili di carico). Le uscite, sia per quanto riguarda i contenuti che il formato, si presentano sotto forma di schede liberamente definibili. Sono utilizzate le seguenti schede:

- Scheda nodi
- Scheda tubazioni
- Scheda serbatoi soprelevati
- Scheda pompe
- Scheda dispositivi di regolazione della pressione
- Scheda tubazioni in archivio
- Scheda statistiche

Limiti di applicazione
In un progetto possono essere definiti tanti casi quanti si vuole. La rete di approvvigionamento può essere suddivisa in tanti sottosistemi quanti se ne vogliono (es. diverse zone di pressione).

- Max. 10.000 nodi
- Max. 60 distretti
- Max. 30 tipi di elementi di rete (es. Serbatoi, Pompe, ecc.)

Interfaccia
I dati vengono immagazzinati in un database in formato ACCESS. Sono disponibili diverse funzioni per importare ed esportare i dati:

- ASCII I dati possono essere letti da un file ASCII. Il formato può variare e può essere specificato dal carattere iniziale di ciascun valore e dal numero di caratteri nel valore specifico da importare.
- Excel I dati possono essere importati ed esportati in formato Excel dal progetto corrente.
- RTF, WMF, HTML ogni scheda di uscita può essere esportata per un'anteprima in formato RTF, o HTML, WMF.
- Query Generator è possibile fare delle valutazioni arbitrarie sul database di progetto, con l'aiuto di Query Generator.

Scambio dei dati
I dati di CROSS si rendono disponibili nei seguenti programmi, per ulteriori elaborazioni:

- GraPS, un sistema di progettazione grafica per reti fognarie e di approvvigionamento idrico
- CROSSPLOT, per il tracciamento dei profili longitudinali
- CROSSPLAN, per il disegno di planimetrie della rete
- WERTWASSER, per la valutazione delle proprietà di una rete di approvvigionamento idrico

CROSSPLAN

Descrizione
Con CROSSPLAN, vengono predisposti piani relativi alla situazione di calcolo e alle possibili configurazioni della rete per i sistemi di approvvigionamento idrico. CROSSPLAN utilizza i risultati di calcolo del programma CROSS. Nel piano relativo alla situazione di calcolo della rete, i nodi sono rappresentati simbolicamente come cerchi e le tubazioni come frecce e sono contrassegnati con i risultati del calcolo. Lo spessore delle linee di connessione tra i nodi è proporzionale alla portata. Le sezioni longitudinali sono disegnate secondo le norme DIN 2425 Parte-1 e REWas. I risultati della simulazione possono essere valutati e rappresentati in vari colori per i diversi distretti della rete.

Informazioni generali
Prima di disegnare il piano di rete, utilizzando CROSSPLAN, devono essere inserite le coordinate di ogni nodo, nella scheda nodi. Le coordinate Gauss Krueger possono sia essere inserite manualmente che trasferite tramite un'interfaccia ASCII per CROSS oppure fornite dal programma GraPS. I nodi della rete sono rappresentati da cerchi, al cui interno sono indicati numero del nodo, pressione e quantità di acqua in uscita. La descrizione delle tubazioni consiste in: numero di tubi, diametro, lunghezza, portata d'acqua e velocità del flusso. Lo spessore della linea che rappresenta le tubazioni (linea di connessione tra i nodi) è proporzionale alla portata. Quindi è facile sapere come viene distribuita l'acqua in rete. Le viste relative ai calcoli di rete e ai layout possono essere relative all'intera rete, ad un sottosistema o anche solo a un singolo tubo. Attraverso funzioni di disegno è possibile cambiare la dimensione dei cerchi che rappresentano i nodi e/o la dimensione delle frecce che identificano le tubazioni in maniera indipendente. La firma dell'azienda (file del timbro) può essere utilizzata nei formati DWG o DXF. In CROSS, le

singole tubazioni possono essere distinte separatamente da un indice che indica se sono di progetto, esistenti o modificate. In CROSSPLAN, queste tubazioni possono essere differenziate in base a colore, tipo di linea e spessore nel piano di layout. Tutti i simboli utilizzati ed i tipi di linea vengono riepilogati automaticamente in una legenda. Questa legenda può essere disegnata anche separatamente.

Dati di output
Il disegno finale può essere inviato direttamente al plotter oppure salvato come file di tipo Plot. In relazione al programma CADEX, un'anteprima dei profili può essere visualizzata a schermo o fornita direttamente in AutoCAD (AutoCAD 2000 o versioni successive). CADEX rende possibile anche il disegno in formato DXF.

Limiti di applicazione
Le prestazioni di CROSS permettono di elaborare al massimo 10.000 nodi.

Scambio dei dati
Per il disegno, CROSSPLAN utilizza i dati dei programmi CROSS o GraPS.

CROSSPLOT

Descrizione
Il programma CROSSPLOT fornisce i profili di distribuzione dell'acqua. Mentre si disegna, CROSSPLOT utilizza i dati del programma CROSS. Possono essere rappresentati graficamente la condotta, il profilo del terreno, nonché le linee dei carichi piezometrici relative ad un massimo di 3 diverse condizioni operative. Possono essere valutati i risultati delle simulazioni in serie di 24 ore.

Informazioni generali
L'andamento dei profili viene specificato in una tavola. I nodi vengono indicati in successione seguendo il profilo. Anche ulteriori dati riguardo i punti intermedi ed i simboli sono inclusi nella scheda. Per l'acquisizione di dati tabulari c'è la possibilità di processare graficamente il profilo nel piano dei layout di CROSSPLOT oppure nel programma GraPS. Se richiesto, CROSSPLOT può disegnare il livello idrostatico, inserire una legenda e il timbro della compagnia, definito liberamente. Vengono evidenziate la linea dei carichi idrostatici, la portata d'acqua, la velocità del flusso, le perdite di carico, la pendenza della linea dei carichi e le perdite di pressione. Le tubazioni di progetto ed esistenti possono essere rappresentate diversamente.

CROSSPLOT utilizza simboli diversi (in accordo con la DIN 2425, RH) per il disegno del profilo. Sono disponibili i seguenti simboli:

- Punto di angolatura
- Valvola a saracinesca
- Valvola di sfiato
- Idrante sotterraneo posto sopra la tubazione
- Idrante sotterraneo posto a fianco della tubazione
- Idrante a colonna posto sopra la tubazione
- Idrante a colonna posto a fianco della tubazione con valvola a saracinesca
- Idrante da pozzetto
- Idrante da giardino
- Colonna di carico ascendente
- Colonna di carico laterale
- Livello di falda
- Punti intermedi
- Immissioni di testo con adattamenti arbitrari
- Linee direttrici dei testi

L'intestazione del profilo può essere impostata a piacimento, sia per quanto riguarda il formato che i contenuti. I timbri particolari possono essere inseriti in formato DWG o DXF. In alternativa, CROSSPLOT disegna automaticamente una legenda. Tutti i simboli e tipi di linea utilizzati nel profilo vengono descritti nella legenda.

Dati di output
Il disegno finale può essere inviato direttamente al plotter oppure salvato come file di tipo Plot. In relazione al programma CADEX, un'anteprima dei profili può essere visualizzata a schermo o fornita direttamente in AutoCAD (AutoCAD 2000 o versioni successive). CADEX rende possibile anche il disegno in formato DXF.

Limiti di applicazione
Come per CROSS, il numero massimo di nodi è pari a 10.000.

Scambio dei dati
Per il disegno, CROSSPLOT utilizza i dati dei programmi CROSS o GraPS. I punti intermedi, tra gli altri, possono essere importati da file ASCII o riferirsi a file DGM di GraPS esistenti.

WERTWASSER
Description
Il programma WERTWASSER viene utilizzato per eseguire una stima delle quantità e dei costi, nonché valutare le proprietà del sistema di distribuzione dell'acqua. WERTWASSER utilizza i dati forniti dai programmi CROSS e/o GraPS.

Informazioni generali
Con il programma possono essere inseriti ancora nuovi dati oppure utilizzati i dati esistenti inseriti nel programma CROSS per ulteriori elaborazioni. I valori forniti vengono memorizzati direttamente, quando esistono documenti contabili. Per le tubazioni più vecchie, alle quali che non è associato un costo, vengono eseguiti una misurazione ed un calcolo dei costi. Inoltre, vengono fornite tabelle relative ai costi di realizzazione, delle tubazioni, degli scavi, delle saracinesche e degli idranti, dell'armatura, dei ripristini stradali, di rivestimento, per la realizzazione degli allacci d'utenza, oltre che una tabella con l'indice dei costi di costruzione. Le tabelle dei prezzi possono essere compilate in relazione al progetto specifico o ad uso generale. WERTWASSER conduce a stime quantitativa. Vengono determinate anche le superfici di ripristino stradale, le superfici di rivestimento, le quantità di terra da scavre. Sulla base delle tabelle dei prezzi, vengono calcolati i costi di produzione relativi a lavori di scavo su strada o terreni non pavimentati, i costi di realizzazione degli allacci d'utenza e i costi relativi a saracinesche, idranti e valvole. Il calcolo dei costi può essere eseguito per le tubazioni di progetto o esistenti. Anche le spese tecniche di progettazione vengono prese in considerazione. L'ammortamento viene considerato lineare, sia per i valori di acquisto che di sostituzione.

Dati di output
Oltre alle schede di calcolo dettagliate (tubo per tubo) si possono calcolare schede relative a determinate strade e/o categorie, o per anno di costruzione.
Grado di ammortamento:
Si può definire il grado di ammortamento delle singole tubazioni – inserendo ulteriormente un'aliquota di ammortamento e il periodo di inizio. In questo caso si può avere una scheda completa dell'intero piano di ammortamento.
Controllo dei beni:
Quando si vuole, il programma esegue un controllo e fornisce il dettaglio di quali tubazioni tenere e di quali sostituire.
Riepilogo:
La compilazione fornisce una scheda in cui i risultati del calcolo vengono raggruppati alternativamente o in base alla denominazione della strada o all'anno di costruzione, prendendo

in considerazione tutte le tubazioni. Oltre all'anno di costruzione, inoltre, si può fare un approfondimento prendendo in considerazione il tasso di ammortamento.

Limiti di applicazione
In un progetto si possono immagazzinare al massimo 10.000 tubi.

Scambio di dati
I dati possono essere tratti dai calcoli idraulici, per i quali in genere si utilizza il programma CROSS.

GraPS

General
Con il sistema di pianificazione grafica GraPS si può lavorare interattivamente sia sulle reti di drenaggio che sulle reti di approvvigionamento idrico. In questo caso, la pianificazione e l'inventariazione dei beni vengono eseguite agendo sulle viste planimetriche o sui profili. Con GraPS possono essere raccolti tutti i dati necessari per i calcoli idraulici. I calcoli idraulici della rete di approvvigionamento idrico si possono condurre per via grafica. Sono disponibili molte funzioni per la visualizzazione dei risultati del calcolo.

Un prerequisito per l'utilizzo di GraPS è la versione completa di AutoCAD 2004 o successiva (è raccomandata la versione 2008) o AutoCAD MAP R3. GraPS immagazzina il suo database in LISY, un file di MS ACCESS. GraPS può utilizzare una base TIN/QRN (Reticolo Triangolare o Quadrangolare) creato da un Modello Digitale del Terreno per determinare la quota dei tombini e così via. GraPS amplia il menu di AutoCAD con l'aggiunta del menù GraPS. Tutti gli altri menù esistenti rimangono invariati, in quanto con GraPS i menu delle altre applicazioni esistenti possono rimanere invariati. Gli oggetti prodotti da GraPS possono essere creati e/o cancellati nell'ambito del menù di AutoCAD (pulsante destro del mouse). Con la selezione multipla di AutoCAD, gli oggetti selezionati possono essere modificati tramite GraPS. Quindi i dati possono essere modificati globalmente, per esempio per varie linee fognarie, tombini, condutture, ecc. Per ogni attività (compresi gli aggiustamenti di giunzioni/nodi, tubazioni, segmenti, così come tombini, condotte e allacciamenti d'utenza, ecc.) la modifica delle proprietà, la formattazione, il colore ecc. insieme alle regolazioni di base, possono essere gestiti utilizzando GraPS.

La rete di approvvigionamento idrico consiste negli oggetti "Punti di inizio/fine Segmento" e "Segmento"; i punti di inizio/fine segmento, anche detti nodi, sono necessari per il calcolo idraulico.
Uno o più segmenti vengono combinati in una conduttura, che è allo stesso modo necessaria per il calcolo idraulico. Inoltre, GraPS fornisce la possibilità di editare pozzetti di ispezione, allacciamenti, misuratori di portata. I segmenti possono essere assegnati nei modi seguenti: tramite le caratteristiche geometriche, strutturali, economiche, in base alla situazione, in base al tipo. I punti di inizio/fine segmento possono essere assegnati geometricamente, in base alla situazionale e in relazione alle valvole (coincidendo con tali accessori).
Se un punto di inizio/fine segmento è specificato come nodo, vanno indicati i tipi di elementi a cui fa riferimento. GraPS offre la possibilità di specificare i seguenti elementi: idrante antincendio, valvola (saracinesca), valvola di ritegno, immissione di risorsa, serbatoio pensile, regolatore automatico di flusso, pompa centrifuga, pompa a pistone, pompa di superficie, valvola di regolazione della pressione, valvola di sostegno e di riduzione della pressione. Il database LISY contiene una tabella delle coordinate, che può essere utilizzata per avere dei valori di riferimento in fase di costruzione. I dati possono essere letti direttamente all'interno di GraPS con un'interfaccia GIF10 e/o da un file ASCII con una struttura arbitraria. Se non ci sono dati TIN e se mancano punti di rilevamento, si procede ad una interpolazione automatica delle quote all'interno di GraPS. I simboli per gli elementi, i nodi e gli accessori sono disponibili in AutoCAD come blocchi, che possono in ogni caso essere inseriti all'interno del programma. L'utente può anche creare i propri simboli. Per quanto riguarda la rappresentazione sul piano del layout, si

può distinguere tra una rappresentazione standard e un piano in parte modellato. I simboli schematici per i vari accessori possono anche essere prodotti direttamente dall'utente. In GraPS si possono creare e gestire profili longitudinali. Tutte le linee (acqua, acque reflue, infiltrazioni e linee di collegamento) vengono visualizzate. L'area di elaborazione, se disponibile, è determinata dal modello digitale del terreno. Se relativamente alla rete di approvvigionamento che viene disegnata è stato effettuato il calcolo idraulco, nel profilo viene disegnata la linea dei carichi (di colore ciano). Al fine di fornire una stima delle condizioni di pressione, vengono mostrate sullo schermo le linee di pressione minima (linea rossa) e pressione massima (linea verde).Il profilo longitudinale può essere usato come una scheda dati per il programma CROSSPLOT. Le linee tracciate vengono automaticamente prese in considerazione nell'individuazione dei punti di interesse nel modello digitale del terreno. Come impostazione base, il *tool tip* può essere impostato per mostrare le informazioni quando il puntatore mouse si trova sopra un oggetto. Ciò vale per gli oggetti della rete di drenaggio delle acque meteoriche e per la rete di approvvigionamento idrico. GraPS offre la possibilità di impostare il settore di interesse. La rete di approvvigionamento idrico viene rappresentata a seconda dei casi in differenti colori (tubazioni e/o giunti, perdite di carico, carico idraulico o pressione di funzionamento). Inoltre, possono essere visualizzate la quantità di acqua in uscita e delle frecce che indicano la direzione del flusso. Ad ogni distretto di fornitura e ogni tubazione presente nell'archivio, può essere assegnato e visualizzato nel programma uno specifico colore. A seconda dei casi le rappresentazioni sono organizzate su diversi layer, in modo che molti di essi possono essere riproposti come piani di interesse nell'ambito di un progetto.

Dati di output
Oltre alle funzioni originali di AutoCAD e/o AutoCAD Map , sono accessibili anche le funzioni di GraPS. Per esempio, alcune parti della progettazione possono essere stampate con stampante o plotter.

Limiti di applicazione
All'interno di un progetto, si può lavorare su tante condotte fognarie (sistemi di drenaggio) / nodi (reti di approvvigionamento idrico) quante/i si vuole. Comunque, il numero di condotte/segmenti che possono essere presi in considerazione in una procedura di calcolo è al massimo di 10.000.

CADEX

Il Programma è un'interfaccia tra i programmi di plottaggio e i programmi CAD, che possono avere un'interfaccia DXF e leggere tali formati (es. AutoCAD). Iniziando dalla Release 2002 di AutoCAD, i programmi di flottaggio come CADEX possono costruire direttamente i piani in AutoCAD. Inoltre, CADEX comprende la possibilità di visualizzare un'anteprima del progetto (non è necessario il CAD) ed un sistema di archiviazione.

Se viene richiamata l'anteprima, allora per prima cosa appare la dimensione giusta del progetto. Le dimensioni e il formato del foglio, già noti, vengono inseriti nel plotter. Nell'anteprima a schermo, possono essere visualizzati messaggi di errore nei parametri di input o suggerimenti per l'ottimizzazione, e i dati possono essere di conseguenza adeguati. Quindi, possono essere evitate spese non necessarie sul plotter. Questo è particolarmente importante in un ambiente di rete in cui il plotter è utilizzato contemporaneamente da diversi operatori. L'utente deve solo stampare l'output finale, quando è soddisfatto del risultato. Utilizzando il mouse si può aprire una finestra che mostra i particolari all'interno della stessa nel dettaglio. I dettagli di un progetto possono quindi essere analizzati con precisione. Grazie alla possibilità di stampare una copia cartacea tramite una stampante, l'utente può avere una panoramica dettagliata del progetto. C'è anche un'altra possibilità di utilizzare il plotter. In questo caso, la finestra da stampare deve essere selezionata con il mouse. Prima del plottaggio, può essere inserito un fattore di scala con cui può essere aggiustata la dimensione del disegno. Con il sistema di archiviazione, è possibile salvare le impostazioni del plotter. Il progetto può quindi essere ancora visualizzato in qualsiasi momento sullo schermo, oppure essere inviato ad un plotter. Le impostazioni del plotter non

devono essere necessariamente ridefinite ogni volta. Se viene utilizzato il driver DXF, i dati in formato DXF possono essere importati nel programma CAD per il progetto. Quindi i disegni possono essere modificati oppure ampliati come si vuole.

Capitolo 4

Valutazione delle prestazioni del sistema

4 VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL SISTEMA

4.1 (U.D.1) Acqua non contabilizzata e tipi di perdite

Le perdite idriche, o acqua non fatturata (NRW, Non Revenue Water) rappresentano l'inefficienza nelle operazioni di trasporto e misurazione dell'acqua nelle rei di adduzione e distribuzione e, per alcuni sistemi possono rappresentare una proporzione rilevante della produzione totale di acqua. Le perdite idriche, per un intero sistema o per una porzione di un sistema, vengono calcolate come differenza tra Volume immesso nel sistema e Consumo Autorizzato. Le perdite idriche si dividono in Perdite Reali ed Apparenti:

- **Le Perdite Reali** sono le perdite fisiche, dalle fessurazioni, dalle rotture e per sfioro dai sistemi in pressione, fino al punto di consegna e misurazione al termine degli allacciamenti d'utenza (Figura 1.1.a).
- ***Le Perdite Apparenti*** consistono in tutte le tipologie di imprecisione nelle misurazioni (in ingresso, in uscita, dei contatori d'utenza) e nel consumo non autorizzato (furto e allacci abusivi). Sono anche dette perdite commerciali (Figura 1.1.b).

Le perdite idriche avvengono in tutti i sistemi, è soltanto il volume che varia ed esso riflette l'abilità di un'azienda nel gestire la sua rete. Per capire il perché, come e quando si sta perdendo dell'acqua i gestori devono procedere ad una valutazione delle caratteristiche fisiche della rete e delle pratiche operative correnti. In molti casi il problema delle perdite idriche è causato da infrastrutture non adeguate, cattive pratiche di gestione, caratteristiche della rete, pratiche operative, tecnologie, capacità ed influenze sociali e culturali. Un alto livello di perdite reali o fisiche riduce la quantità di preziosa risorsa a disposizione dell'utenza, aumenta i costi operativi dell'azienda e determina la necessità di maggiori investimenti di capitale in nuove risorse. Un elevato livello di perdite apparenti o commerciali riduce il principale flusso di entrate per l'azienda.

a) Perdite fisiche
b) Perdite Commerciali (es. Uso illegale)

Figura 4.1. Esempi di perdite idriche (Pilcher et al., 2008)

Dieci anni fa c'era una forte disomogeneità nelle definizioni e nei sistemi per il calcolo delle perdite idriche. Alla fine degli anni '90 l'Associazione Internazionale dell'Acqua (IWA, International Water Association) ha riconosciuto il bisogno di avere una struttura pratica per le valutazioni sull'acqua, con una terminologia comune, e di conseguenza il gruppo di ricerca sulle perdite idriche ha sviluppato un bilancio idrico standard. Questo bilancio idrico standard è oggi stato accettato con o senza alcune modifiche minori ed è utilizzato in tutto il mondo. (Figura 4.2)

<table>
<tr><td rowspan="8">Volume immesso nel sistema</td><td rowspan="3">Consumo autorizzato</td><td rowspan="2">Consumo autorizzato fatturato</td><td>Consumo fatturato misurato</td><td rowspan="2">Acqua fatturata</td></tr>
<tr><td>Consumo fatturato non misurato</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Consumo autorizzato non fatturato</td><td>Consumo non fatturato misurato</td><td rowspan="6">Acqua non fatturata</td></tr>
<tr><td>Consumo non fatturato non misurato</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Perdite idriche</td><td rowspan="2">Perdite apparenti (commerciali)</td><td>Consumo non autorizzato</td></tr>
<tr><td>Imprecisione nelle misurazioni</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Perdite reali (fisiche)</td><td>Perdite nelle condotte di adduzione e/o distribuzione</td></tr>
<tr><td>Perdite e sfiori dai serbatoi</td></tr>
<tr><td>Perdite dalle derivazioni fino al contatore d'utenza</td></tr>
</table>

Figura 4.2. Il bilancio idrico standard IWA

La successiva figura 4.3 mostra le componenti tipiche di un sistema di adduzione e distribuzione idrica, utilizzando la terminologia IWA.

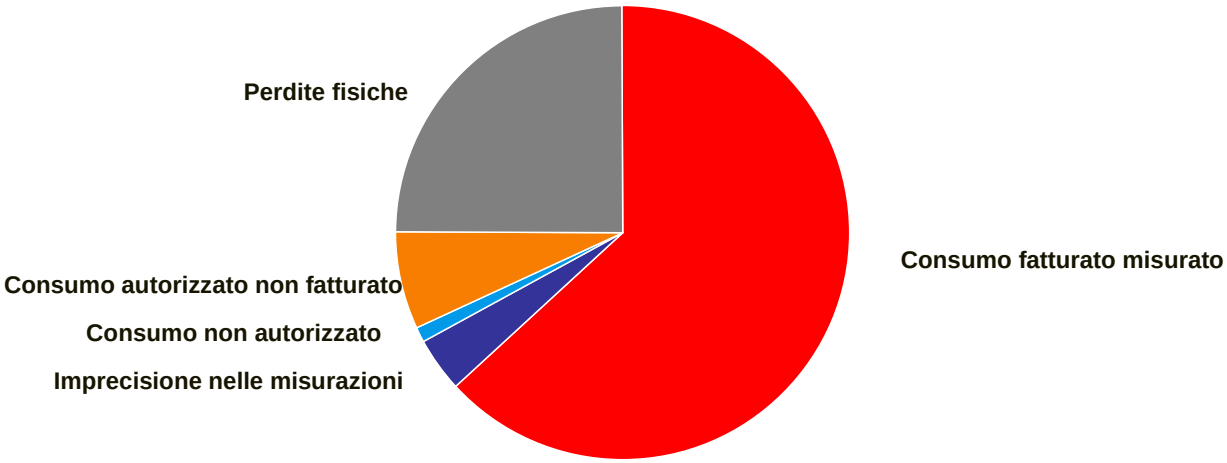


Figura 4.3. Componenti tipiche del volume immesso nel sistema di distribuzione

L'NRW rappresenta l'inefficienza nei sistemi di adduzione e distribuzione dell'acqua ed una misurazione imprecisa del volume d'acqua immesso nel sistema o al contatore d'utenza. L'NRW è un aspetto rilevante della fornitura del servizio idrico e la sua determinazione uno dei passi fondamentali coinvolti nello sviluppo di una strategia volta a ridurre l'acqua non fatturata ad un

livello accettabile, sostenibile. Si è gradualmente venuta ad accettare l'importanza strategica delle perdite idriche per le aziende di gestione. Questo è particolarmente vero in Europa, dove molti paesi stanno sviluppando o hanno già sviluppato politiche e programmi per la riduzione e il controllo delle perdite idriche. Tali programmi contemplano un insieme di attività volte alla riduzione dell'NRW che sono appropriate per la specifica azienda di gestione.

Il volume di acqua persa attraverso le fuoriuscite fisiche dipende dalle condizioni delle infrastrutture e dalla strategia di localizzazione e riparazione delle perdite della specifica azienda di gestione. I fattori che influenzano la quantità di acqua persa sono:

- Pressione nel sistema
- Frequenza delle rotture e le loro portate
- Tempo trascorso prima che la perdita venga localizzata e riparata
- Livello delle piccole perdite impercettibili (perdite di sottofondo)

Il livello delle perdite apparenti dipende da:

- Politica aziendale di sostituzione dei contatori d'utenza
- Politica di applicazione dei regolamenti aziendali per far fronte all'uso non autorizzato

Al fine di ottenere una comprensione delle perdite idriche da qualsiasi sistema, è importante distinguere tra perdite reali ed apparenti. Le perdite reali o fisiche da una rete rappresentano una perdita di risorsa. Di conseguenza, una riduzione delle perdite significa che l'azienda ha a disposizione un quantità supplementare di acqua che può essere fornita all'utenza, in particolare se precedentemente c'era stata una carenza di acqua. Se un'azienda idrica ha in programma di sviluppare una nuova fonte di approvvigionamento, l'investimento può essere rimandato oppure evitato riducendo le perdite dal sistema. Le perdite apparenti o commerciali, come sono più comunemente conosciute, sono l'acqua che è stata prelevata dal sistema e utilizzata, ma per cui non si è pagato e, quindi, rappresentano una perdita di potenziali entrate per un'azienda idrica. La riduzione delle perdite commerciali genera maggiori entrate ma non rappresenta un incremento di risorsa. Le perdite commerciali vengono valutate in base alle tariffe di fatturazione al dettaglio mentre le perdite fisiche vengono valutate in funzione dei costi variabili legati alla produzione e distribuzione dell'acqua.

4.2 (U.D. 2) Indicatori di prestazione

Lo scopo di un indicatore di prestazione (PI, Performance Indicator) è duplice, aiuta a misurare i cambiamenti nelle prestazioni riguardo l'acqua non fatturata nel tempo e permette di effettuare paragoni tra aziende (benchmarking), oltre a fornire una guida nello stabilire gli obiettivi. E' importante avere degli indicatori di prestazione standard, calcolati secondo una metodologia definita in maniera chiara e usando definizioni standard. Ci sono diversi indicatori di prestazione tradizionali per la misurazione delle perdite idriche nell'ambito dei sistemi di distribuzione, ma alcuni sono migliori degli altri, mentre alcuni potrebbero essere inappropriati per circostanze particolari.

4.2.1. Percentuale del volume immesso nel sistema: è facilmente calcolabile e viene citato di frequente. Comunque, l'IWA non raccomanda di usarlo per la valutazione dell'efficienza nella gestione dei sistemi di distribuzione perché i valori calcolati della percentuale di acqua non fatturata non permettono la distinzione tra perdite reali (fuoriuscite) e perdite apparenti (commerciali). Tali valori sono fortemente influenzati dai livelli di consumo e sono difficili da calcolare per le situazioni di fornitura intermittente. Tale indicatore è utile, in ogni caso, come strumento di comunicazione con "valore impattante".

4.2.2. Per utenza fatturata, per unità di tempo: In molti paesi, un'unica derivazione può servire un vasto numero di proprietà, ad esempio nei condomini. Il calcolo del bilancio idrico si basa, in genere, sulle perdite fino a un contatore singolo, installato sulla derivazione. Per questo motivo tale indicatore di prestazione non è raccomandato.

4.2.3. Per lunghezza di rete, per unità di tempo: Le perdite di distribuzione espresse in m^3/km condutture/giorno sono fortemente influenzate dalla densità delle derivazioni d'utenza. L'esperienza insegna che l'indicatore di prestazione per unità di lunghezza è appropriato dove ci sono meno di 20 allacci per km di conduttura, per esempio in un'area rurale. Di seguito sono riportati alcuni valori guida realistici relativi a perdite da sistemi idrici in condizioni medie quando le perdite sono espresse in m3/km condutture al giorno:

- Prestazione buona < 10 m^3/km condutture al giorno
- Prestazione media 10 - 20 m^3/km condutture al giorno
- Prestazione scarsa >20 m^3/km condutture al giorno

4.2.4. Per derivazione d'utenza, per unità di tempo: l'Associazione Internazionale dell'Acqua (IWA) considera che tra tutti gli indicatori di prestazione tradizionali questo sia da raccomandare per i sistemi con più di 20 derivazioni/km condutture. Vengono di seguito riportati i valori tipici raggiunti quando la perdita è espressa in litri/derivazione/giorno ad una pressione media di 50 metri d'acqua:

- Prestazione buona < 125 litri/derivazione/giorno
- Prestazione media 125 - 250 litri/derivazione/giorno
- Prestazione scarsa > 250 litri/derivazione/giorno

4.2.5. Indice di perdita infrastrutturale (ILI, Infrastructure Leakage Index): L'ILI è l'indicatore più utile e pratico ed è stato sviluppato dal Gruppo di ricerca sulle perdite idriche dell'IWA nel 2000. L'ILI è definito come il rapporto tra perdite reali (fisiche) annue correnti (CARL, Current Annual Real Losses) e perdite reali (fisiche) annue inevitabili (UARL, Unavoidalble Annual Real Losses). Per la maggior parte dei sistemi l'UARL rappresenterebbe il livello di perdita più basso tecnicamente raggiungibile. Graficamente, il CARL è rappresentato dal rettangolo più grande nella figura 4.4. Man mano che si formano nuove perdite, ogni anno, questo volume aumenterà gradualmente, finché tutte e quattro le tecniche di gestione della pressione, controllo attivo delle

perdite, velocità e qualità delle riparazioni e buona gestione delle tubazioni (rappresentate dalle 4 frecce, in figura) non vengono applicate in maniera efficace.

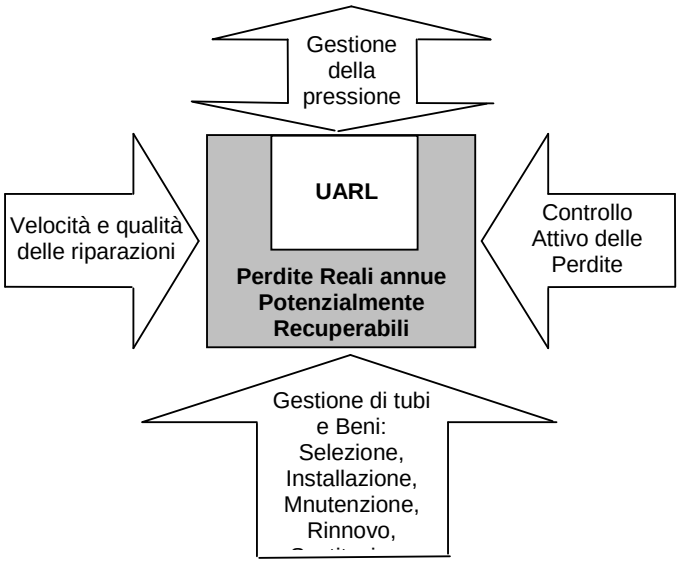

Gestione della pressione
UARL
Velocità e qualità delle riparazioni
Controllo Attivo delle Perdite
Perdite Reali annue Potenzialmente Recuperabili
Gestione di tubi e Beni: Selezione, Installazione, Mnutenzione, Rinnovo,

Figura 4.4. Rapporto dell'Indice di perdita infrastrutturale

La figura 4.5 mostra alcuni valori di ILI forniti da aziende idriche di tutto il mondo. Alcune delle aziende gestite in maniera migliore raggiungono valori di ILI nell'intervallo da 1.5 a 4.0. In molti casi questo a valore corrisponde il loro livello economico di perdita. L'ILI è stato gradualmente accettato come l'indicatore di prestazione più utile per quanto riguarda le perdite fisiche ed è usato in molti paesi da aziende e autorità di controllo perché, come tutti gli indicatori di prestazione validi, è facilmente misurabile, in modo da poter tracciare i progressi fatti nello sviluppo di un progetto di riduzione dell'acqua non fatturata.

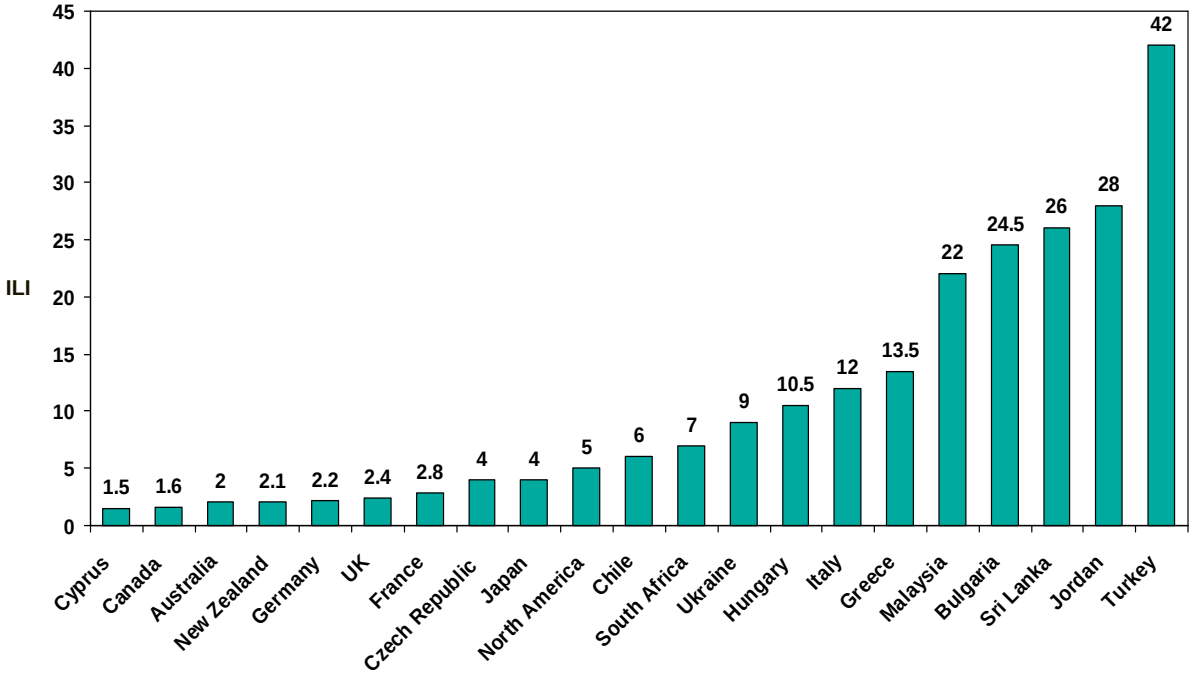


Figura 4.5. Valori di ILI nel mondo (Seago et al., 2005)

La Banca Mondiale, nel suo ruolo di fornire una maggior comprensione di tutti gli aspetti legati all'acqua non fatturata, ha sviluppato una matrice degli obiettivi semplificata per le perdite reali o fisiche. La matrice mostra diversi valori di ILI e li associa ai corrispondenti valori dell'indice di prestazione tradizionale litri/derivazione/giorno. La matrice viene mostrata nella tabella 4.1 e rappresenta una chiara guida pratica di cosa si può ottenere in un'azienda ben gestita.

Dopo la privatizzazione del settore idrico in Inghilterra e Galles, nel 1989, l'ente di regolazione governativo, gli Uffici dei Servizi Idrici (OFWAT, Offices of Water Services) hanno introdotto un sistema di valutazione delle prestazioni. Questo sistema era stato concepito come metodo per confrontare l'accuratezza e la validità delle componenti del bilancio idrico. L'OFWAT usa un sistema di classificazione delle prestazioni secondo fasce di qualità A-D. Tale sistema viene mostrato nella tabella 4.2. La Banca Mondiale ha adottato questo sistema come metodo per confrontare le prestazioni delle aziende di gestione e lo ha incorporato nella matrice degli obiettivi. (Tabella 4.1).

Tabella 4.1. Matrice degli obiettivi semplificata per le perdite fisiche (Liemberger, 2005)

Uso suggerito dell'ILI come PI nei paesi sviluppati e in via di sviluppo							
Categoria di prestazione tecnica		ILI	Litri/derivazione/giorno (quando il sistema è in pressione) a una pressione media:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Paesi sviluppati	A	1 – 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 – 4		50–100	75–150	100–200	125–250
	C	4 – 8		100–200	150–300	200–400	250–500
	D	> 8		>200	> 300	> 400	> 500
Paesi in via di sviluppo	A	1 – 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 – 8	50–100	100–200	150–300	200–400	250–500
	C	8 – 16	100–200	200–400	300–600	400–800	500–1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Tabella 4.2. Sistema di classificazione delle prestazioni relative all'acqua non fatturata (Liemberger, 2005)

Categoria	**Valutazione del livello di prestazione**
A – Buono	Una ulteriore riduzione delle perdite potrebbe risultare antieconomica, richiesta un'analisi attenta per identificare miglioramenti di efficienza.
B – Medio	Considerare la gestione della pressione, migliorare le pratiche di controllo attivo delle perdite e migliorare la manutenzione.
C – Scarso	Tollerabile solo se l'acqua è economica e abbondante; nonostante ciò intensificare l'impegno nella riduzione dell'acqua non fatturata.
D – Molto scarso	Utilizzo inefficiente della risorsa; un Programma di riduzione dell'acqua non fatturata rappresenta un imperativo e dovrebbe essere una priorità.

Per quanto riguarda gli indicatori di prestazione riguardo le perdite apparenti o commerciali, l'IWA raccomanda di utilizzare m^3/derivazione/anno. Tuttavia, nei sistemi dove tutti gli utenti hanno un contatore e la componente di allacci abusivi è bassa (in termini di % del vol. immesso in distribuzione), potrebbe essere preferibile esprimere le perdite commerciali come percentuale del consumo autorizzato, poichè la maggior parte di queste perdite derivano sicuramente dall'imprecisione dei contatori.

Per calcolare l'indicatore di prestazione finanziario al volume di ciascuna delle componenti principali dell'acqua non fatturata viene associato un valore in valuta locale / m^3, adatto alle circostanze, ed il valore della componente di acqua non fatturata è espresso come percentuale del costo annuale per il funzionamento del sistema. L'indicatore di prestazione può anche avere un valore "impattante".

4.3 (U.D. 3) Invecchiamento delle tubazioni

Le tubazioni interrate di un sistema di distribuzione idrica vengono danneggiate con il passare del tempo a causa delle temperature, l'umidità del terreno, la corrosione ed altri effetti dell'invecchiamento. L'invecchiamento delle tubazioni, in un sistema di distribuzione idrica, può portare a tre risultati principali. In primo luogo, l'invecchiamento del materiale di cui sono costituite causa un peggioramento della resistenza delle tubazioni. Di conseguenza, le rotture lungo le tubazioni aumentano nelle aree di alta pressione all'interno del sistema. Secondo, l'invecchiamento di una tubazione ne fa accrescere il coefficiente di attrito, così che le perdite di carico lungo la tubazione aumentano. Di conseguenza, si hanno maggiori costi di pompaggio e a volte un sistema che lavora a gravità necessita di pompaggi. Infine, l'invecchiamento delle tubazioni influisce sulla qualità dell'acqua nel sistema e può causare una colorazione della stessa.

L'invecchiamento di una tubazione è inevitabile ma tale processo può essere rallentato con delle precauzioni. La protezione catodica per le tubazioni in acciaio, protezioni e rivestimenti per le tubazioni in acciaio e ghisa sferoidale, sono delle tecniche anti invecchiamento.

Nella fase di progettazione di un sistema di distribuzione idrica, l'analisi delle variazioni di temperatura nell'area, dei valori della pressione nel sistema, delle caratteristiche chimiche del terreno e dell'acqua di falda, aiuta a selezionare il materiale più durevole per le tubazioni e la profondità di posa appropriata.

4.3.1 Tubi di plastica

I tubi di plastica vengono usati per sia per applicazioni sotterranee che soprasuolo. Un sistema di condutture di plastica in pressione, accuratamente installato e ben mantenuto può durare fino a più di 50 anni. Ciò dipende dall'elemento trasportato, dalla temperatura, dalle caratteristiche chimiche, dalla pressione e dal tipo di sistema di condutture di plastica in pressione selezionato. I sistemi di condutture di plastica in pressione sono stati utilizzati a partire dagli anni '50. I sistemi di condutture di plastica in pressione più comuni sono:

1) ABS (Acrilonitrile Butadiene Stirene)
2) PVC-U, rigido (Polivinilcloruro non plastificato)
3) PVC-C (Polivinilcloruro surclorato)
4) PP (Polipropilene)
5) PE (Polietilene)
6) PVDF (Polivinildenfluoruro)

4.3.1.1 Invecchiamento delle tubazioni in PE

Studi recenti hanno dimostrato che i disinfettanti maggiormente usati, come cloro, cloramina, ipoclorito di sodio e biossido di cloro, ossidano particolarmente la superficie interna dei tubi in PE, causando un significativo impoverimento di antiossidanti che rende il PE più fragile. Iniziano ad apparire delle micro-fessure che si trasformano in crepe più grandi e si possono propagare attraverso le pareti del tubo, favorendone lo sgretolamento (Sanchez et al., 2008).

L'acqua non reagisce con il PE, ma in genere contiene due specie reattive: ossigeno e disinfettanti. L'autossidazione del PE è molto lenta a temperature basse, tipicamente $T \leq 80°C$, ma può diventare significativa su un lasso di tempo abbastanza lungo. Alle basse temperature i

disinfettanti, in particolare i derivati del cloro, sono noti per distruggere i composti organici, spesso tramite processi radicali. Il PE non mostra una reattività radicale particolarmente elevata, ma una reattività nulla sarebbe sorprendente, in quanto le reazioni radicali non sono mai totalmente selettive. Inoltre, il PE contiene antiossidanti, tra cui i fenoli, altamente reattivi nei processi radicali. Ci si aspetta, dunque, che i disinfettanti abbiano un effetto deleterio sulla durabilità dei tubi in PE, se non altro per il loro effetto destabilizzante (Colin et al., 2009).

4.3.1.2 Invecchiamento delle tubazioni in PVC

La degradazione chimica nel PVC consiste nella rottura di legami covalenti causata dalla temperatura, dall'ossigeno o altri fattori. La degradazione chimica di una catena di PVC ha spesso inizio con una disidroclorazione. Nella catena di PVC in fase di polimerizzazione si formano piccole zone di irregolarità. Queste irregolarità portano ad una maggiore sensibilità della catena alla degradazione chimica. Condizioni critiche per la degradazione chimica sono le alte temperature e le elevate forze di taglio sperimentate durante l'estrusione della polvere di PVC in una miscela viscosa, che viene trasformata in un tubo. Dopo il raffreddamento a temperatura ambiente, il tubo in PVC non mostrerà un livello significativo di degradazione chimica, a condizione che sia al riparo dalle radiazioni solari UV. La degradazione chimica non influenzerà la durata della vita utile delle tubazioni in PVC interrate per i prossimi 100 anni (Breen e Boersma, 2005).

Le interazioni fisiche, per esempio le forze di Van der Waals tra le catene di PVC, hanno un'influenza determinante sulle proprietà meccaniche. Il cambiamento in funzione della storia del prodotto viene detto invecchiamento fisico. Le catene di PVC mostrano dei movimenti, durante il processo ad alte temperature, tali da poter essere paragonate a degli spaghetti. In aggiunta alle catene di PVC, durante il processo vengono miscelati degli additivi, tra i quali degli stabilizzatori. La configurazione ad alta temperatura viene congelata quando il prodotto in PVC viene raffreddato al di sotto della sua temperatura di transizione vetrosa. Durante il raffreddamento dalla temperatura di stato amorfo vetroso fino alla temperatura di deposito e di esercizio, si verifica un processo lento, durante il quale si ha un riorientamento delle catene in PVC, con formazione di uno stato di maggior densità. Il grado di invecchiamento fisico dipende, tra l'altro, dalla velocità alla quale il tubo in PVC viene raffreddato subito dopo la produzione. L'invecchiamento fisico è un processo di lenta evoluzione, che può essere accelerato dall'esposizione a temperature elevate (Breen e Boersma, 2005).

4.3.2 Tubi metallici

In genere le tubazioni metalliche sono fatte di acciaio o ferro, come acciaio grezzo, nero (laccato), acciaio al carbonio, acciaio inox o acciaio zincato, ottone e ghisa sferoidale. Tubi o condotte in alluminio possono essere utilizzati quando il ferro è incompatibile con il fluido da trasportare o nei casi in cui il peso rappresenta un problema; l'alluminio viene inoltre usato nelle tubazioni per la trasmissione del calore, come anche nei sistemi di refrigerazione. Le tubature in rame sono tipicamente usate negli impianti idraulici domestici (acqua potabile); il rame può essere utilizzato quando si vuole trasmettere il calore (es. radiatori o scambiatori di calore). Le leghe Inconel (nichel-cromo), cromo-molibdeno, e titanio-acciaio vengono utilizzate nelle condotte ad alta temperatura e pressione, negli impianti di processo e produzione di energia. Tubazioni in piombo si trovano ancora nei vecchi sistemi di distribuzione idrica domestici e di altro tipo (Wikipedia, 2010). I tubi metallici spesso soffrono la corrosione (ossidazione del metallo). Quando una conduttura è posata sottoterra, l'umidità del terreno è sempre l'elettrolita; l'anodo e il catodo sono localizzati sulla stessa tubazione e la medesima fornisce il circuito di ritorno.

4.3.3 Protezione catodica

La protezione catodica è una tecnica utilizzata per controllare la corrosione di una superficie metallica, rendendola il catodo di una cella elettrochimica. Il metodo più semplice di applicare la protezione catodica consiste nel connettere il metallo da protegger con un altro che si può corrodere più facilmente, che agisce come anodo della cella elettrochimica. I sistemi di protezione catodica sono comunemente utilizzati per proteggere le condotte e i serbatoi di accumulo per acqua o combustibili in acciaio, i piloni in acciaio dei moli, imbarcazioni, tra cui yatch e barche a motore, le tubazioni delle piattaforme petrolifere offshore e onshore. La protezione catodica può, in alcuni casi, prevenire le fessurazioni causate dalle sollecitazioni per effetto della corrosione. Una rappresentazione schematica della protezione catodica di una condotta è fornita nella figura 4.6.

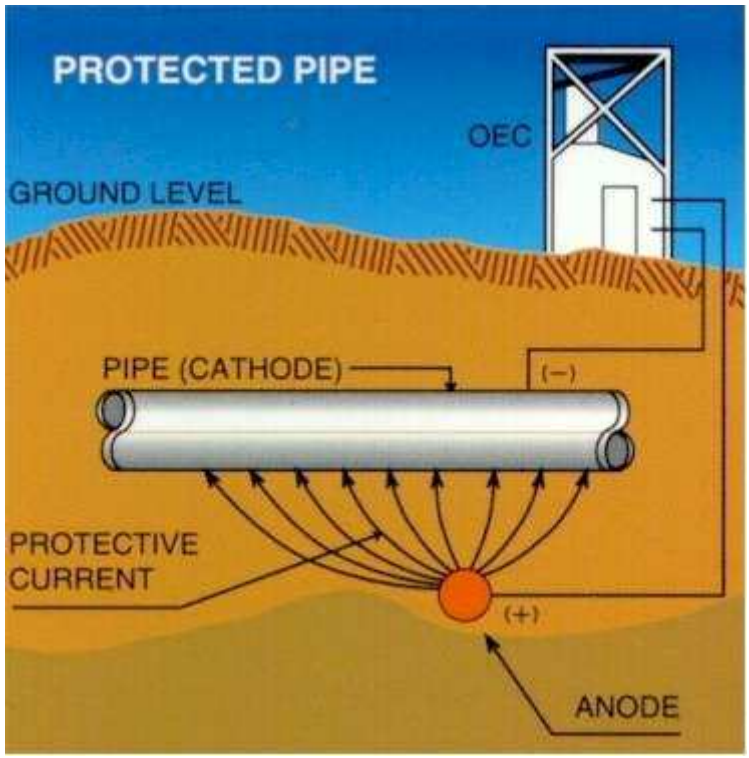


Fig. 4.6. Protezione catodica di una condotta
(www.3deducators.com/CathodicProtectionTrainings.asp)

Oggi, gli anodi galvanici o sacrificali vengono realizzati in varie forme, utilizzando leghe di zinco, magnesio e alluminio. La capacità di corrente e il tasso di dissoluzione di queste leghe, dipendenti dal potenziale elettrochimico, devono essere superiori rispetto a quelle ferro per avere protezione catodica.

Gli anodi galvanici vengono progettati e selezionati in modo da avere un voltaggio più “attivo” (potenziale elettrochimico negativo maggiore) rispetto al metallo della struttura (tipicamente acciaio). Per un’efficace protezione catodica, il potenziale della superficie dell’acciaio è polarizzato (forzatamente) con carica negativa, fino a quando la superficie non ha un potenziale uniforme. In tale condizione, la forza motrice della reazione di corrosione è annullata. L’anodo

galvanico continua a corrodersi; il materiale dell'anodo continua a consumarsi finché non è necessario sostituirlo. La polarizzazione è causata dal flusso di elettroni dall'anodo verso il catodo. La forza motrice della corrente di protezione catodica è data dalla differenza di potenziale elettrochimico tra l'anodo ed il catodo.

Per le strutture più grandi, gli anodi galvanici non possono fornire abbastanza corrente, con un processo economicamente sostenibile, per fornire una protezione completa. I sistemi di protezione catodica a correnti impresse (ICCP, Impressed Current Cathodic Protection) utilizzano anodi connessi a una fonte di energia in corrente continua, DC (un alimentatore catodico). Gli anodi per i sistemi ICCP possono avere la forma di barre tubolari o piene oppure di nastri continui di vari materiali specifici. Tra questi la ghisa ad alto contenuto di silicio, la grafite, gli ossidi di metallo misti, cavi elettrici ricoperti di platino e nibio, ecc.

Un tipico sistema ICCP per una condotta interrata prevede un raddrizzatore corrente alternata(AC)/corrente continua(DC), con un uscita massima in corrente continua tra 10 e 50 Ampere a 50 Volts. Il terminale positivo DC è connesso tramite cablaggio alla serie di anodi posti sottoterra (groundbed). In molte applicazioni gli anodi vengono installati in perforazioni verticali di 25 cm di diametro, della profondità di 60 m, poi riempite con coke conduttivo (un materiale che migliora le prestazioni e allunga la vita dell'anodo). Un cavo dimensionato in base alla corrente prevista in uscita collega il terminale negativo del raddrizzatore alla conduttura. L'uscita del raddrizzatore di corrente viene regolata al livello ottimale dopo aver condotto vari test che contemplano la misura del potenziale elettrochimico.

Con il termine galvanizzazione ci si riferisce in genere al processo di zincatura a caldo per immersione che è un procedimento per rivestire l'acciaio con uno strato di zinco metallico. I rivestimenti per galvanizzazione sono abbastanza durevoli nella maggior parte degli ambienti in quanto combinano le proprietà di una barriera di rivestimento con alcuni dei benefici della protezione catodica. Se il rivestimento di zinco viene graffiato o localmente danneggiato e l'acciaio risulta esposto, le aree circostanti del rivestimento di zinco formano una cellula galvanica con l'acciaio esposto e lo proteggono dalla corrosione. Questa è una forma di protezione catodica localizzata - lo zinco agisce come anodo sacrificale.

4.3.4 Rivestimenti interni ed esterni

Un'altra tecnica di protezione dei tubi metallici è rappresentata dai rivestimenti interni ed esterni. Il rivestimento esterno è un isolamento del tubo contro gli effetti dannosi esterni ed il rivestimento interno lo è contro quelli interni. Materiali di rivestimento interno comuni sono le resine epossidiche, il bitume e il calcestruzzo (malta di cemento). Materiali di rivestimento esterno comuni sono polietilene, bitume, smalto di catrame di carbon fossile e vernici epossidiche (epoxy).

Sia i rivestimenti interni che esterni vengono applicati ai tubi in fase di fabbricazione. Il rivestimento interno viene utilizzato anche nella riabilitazione o nel rinnovo di vecchie condotte.

4.4 (U.D. 4) Percezione pubblica della qualità del servizio

L'acqua del rubinetto viene bevuta dalla maggior parte dei consumatori e quindi i cittadini sono sempre più preoccupati riguardo la sicurezza dell'acqua fornita dagli acquedotti pubblici e la gestione del sistema di distribuzione idrica. Per questo motivo, una migliore comprensione di quella che è la percezione degli utenti circa la qualità dell'acqua del rubinetto è una questione importante per le autorità e per i gestori del servizio idrico.

L'interesse pubblico nei confronti dei sistemi di distribuzione idrica sta aumentando di anno in anno. Nel passato i sistemi di distribuzione idrica hanno funzionato senza interruzioni del servizio. Negli ultimi anni, tuttavia, i problemi relativi alla qualità dell'acqua, l'ansia di sicurezza e la siccità hanno causato questo maggior interesse pubblico nei confronti dei sistemi di distribuzione idrica.

Oggi, i comuni e le aziende idriche hanno bisogno di un maggior aiuto pubblico, in particolare nell'affrontare i problemi legati alle perdite idriche e alla qualità dell'acqua nei sistemi di distribuzione idrica.

Ci sono diverse tecniche, a disposizione di autorità e gestori dei servizi idrici, per aumentare la percezione pubblica delle questioni relative all'acqua, come manifesti, annunci radiofonici o televisivi, iniziative educative rivolte a studenti e adulti, ecc.

4.4.1 Manifesti

I manifesti sono una delle tecniche di formazione/informazione pubblica più antiche. Alcuni vantaggi dei manifesti derivano dal fatto che sono semplici ed economici da produrre ed aggiornare, si possono spostare e trasportare, possono essere posizionati in luoghi accessibili dal pubblico, rappresentano un buono strumento di interazione con il pubblico. Alcuni svantaggi dei manifesti sono rappresentati dal fatto che non sono adatti per la formazione di gruppi numerosi e possono provocare reazioni ansiogene nei formatori con scarse capacità grafiche e di scrittura.

La Fig. 4.7 mostra alcuni manifesti delle campagne per il risparmio idrico promosse dagli enti gestori dei servizi idrici a Izmir (IZSU) e Istanbul (ISKI), in Turchia, e Lemesos, a Cipro.

4.4.2 Escursioni tecniche

Le escursioni per il pubblico, in particolare per gli studenti, possono essere un buon metodo per aumentare le percezione pubblica nei confronti di un'autorità del settore idrico. La Fig. 4.8 mostra alcune foto scattate durante un'escursione tecnica di alcuni studenti presso gli impianti dell'ente gestore dei servizi idrici di Istanbul.

4.4.3 Sondaggi

I sondaggi sono un metodo a disposizione di amministrazioni locali o aziende dei servizi idrici per raccogliere le opinioni dei consumatori sulla qualità dei servizi offerti, nonché una tecnica per aumentarne le percezione pubblica. La Fig. 4.9 mostra un sondaggio online dell'ente gestore dei servizi idrici di Ankara (ASKI), in Turchia.

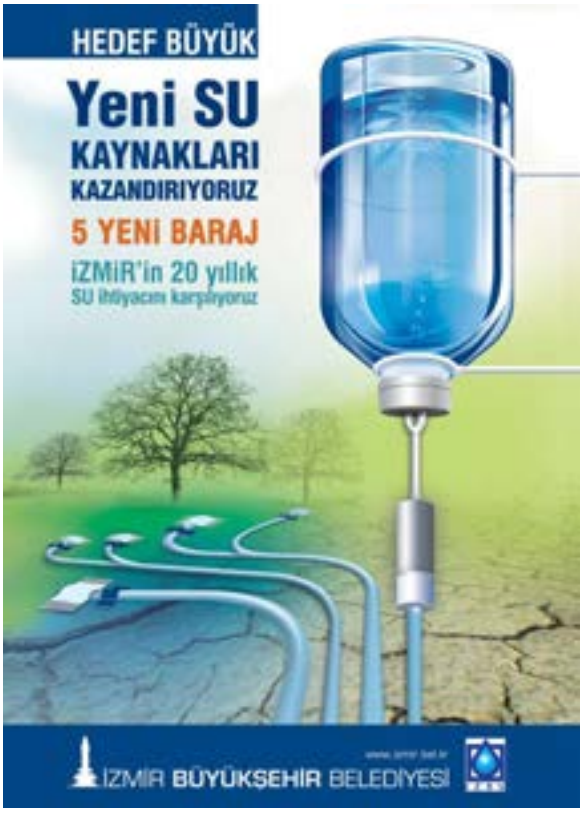


Fig. 4.7. Manifesti delle campagne per il risparmio idrico promosse dagli enti gestori dei servizi idrici di Izmir, Istanbul e Lemesos

4.4.4 Giornate celebrative e concorsi

Giornate celebrative e concorsi o premi sono alcuni metodi per aumentare la percezione pubblica. Nelle giornate celebrative le autorità del settore idrico possono organizzare diverse attività relative all'acqua. Per esempio, il Museo dell'Acqua di Lemesos, a Cipro, è l'organizzatore ufficiale locale della competizione internazionale "Stockholm Junior Water Prize" che si svolge ogni anno, alla fine di agosto, a Stoccolma, in Svezia. Il concorso è stato istituito nel 1997 ed è aperto ai giovani di età tra i 15 e i 20 anni, che hanno sviluppato progetti relativi all'acqua che si concentrano su argomenti di rilevanza in ambito ambientale, scientifico, sociale o tecnologico a livello locale, regionale, nazionale o globale. Attraverso questo concorso internazionale, migliaia di giovani nel mondo sviluppano interessi personali, intraprendono studi accademici, e spesso inseguono carriere nel settore idrico o ambientale. Il concorso mira ad accrescere l'impegno dei giovani nei confronti di una tematica ambientale di interesse comune come l'acqua, sia a livello locale che globale. La Fig. 4.10 mostra il poster del concorso Stockholm Junior Water Prize.

Fig. 4.8. Attività di formazione per gli studenti da parte dell'ente di gestione dei servizi idrici di Istanbul

ASKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ WEB ANKETİ
1- Vatandaşların yaşamlarını sağlıklı ve yaşanabilir bir çevrede sürdürebilmeleri için ASKİ Genel Müdürlüğü'nün sunduğu hizmetleri yeterli buluyorum.
Tam Katılıyorum Çok Katılıyorum Katılıyorum Az katılıyorum Hiç Katılmıyorum
2- ASKİ Genel Müdürlüğü'nün benzer kurumlar içerisinde adından sıkça söz ettiren, daha fazla tanınan bir kurum olduğunu düşünüyorum.
Tam Katılıyorum Çok Katılıyorum Katılıyorum Az katılıyorum Hiç Katılmıyorum
3- Vatandaşların olası problemlerde ASKİ Genel Müdürlüğü yetkililerine kolaylıkla ulaşabildiğini düşünüyorum.
Tam Katılıyorum Çok Katılıyorum Katılıyorum Az katılıyorum Hiç Katılmıyorum
4- ASKİ Genel Müdürlüğü'nün sunduğu hizmet kalitesini çağdaş yaşam şartlarına uygun buluyorum.
Tam Katılıyorum Çok Katılıyorum Katılıyorum Az katılıyorum Hiç Katılmıyorum
5- ASKİ Genel Müdürlüğü'nün tasarruf konusunda vatandaşa yönelik bilinçlendirme çalışmalarının yeterli düzeyde olduğunu düşünüyorum.
Tam Katılıyorum Çok Katılıyorum Katılıyorum Az katılıyorum Hiç Katılmıyorum

Fig. 4.9. Sondaggio online dell'ente gestore dei servizi idrici di Ankara (ASKI) (http://www.aski.gov.tr/anket/default.asp)

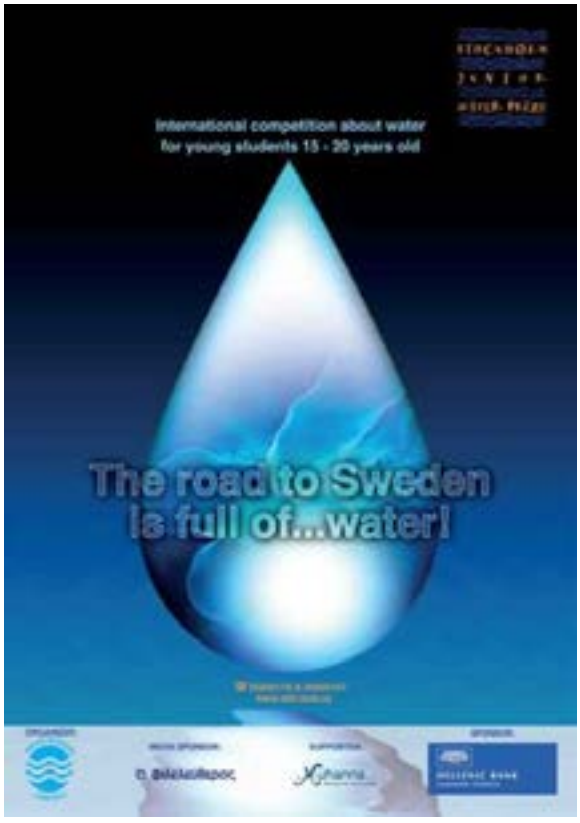


Fig. 4.10. Il poster del concorso *Stockholm Junior Water Prize*

4.4.5 Pagine web, presentazioni e video

Al giorno d'oggi, la maggior parte delle persone ha un computer ed una connessione internet, per cui pagine web e strumenti di formazione come presentazioni e video rappresentano le tecniche più importanti per incrementare il coinvolgimento pubblico.

4.4.6 Riviste e giornali

Alcune amministrazioni locali ed aziende idriche pubblicano giornali o riviste per il pubblico. L'ente gestore dei servizi idrici di Atene (EYDAP) pubblica una rivista che si chiama "Pigi Enimerosis" (Fonte d'informazione) (Fig. 4.11).

Fig. 4.11. Copertina della rivista pubblicata dall'ente gestore dei servizi idrici di Atene (EYDAP) (http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=106)

4.5 (U.D. 5) Vulnerabilità nei confronti dei rischi naturali

I rischi naturali possono causare danni rilevanti ai sistemi di condutture e interruzioni del servizio all'utenza. La durata delle interruzioni dipende dall'entità e dall'estensione del rischio. I rischi possono essere di diversi tipi. Quelli di cui ci si tratta in questa sede sono: terremoti, alluvioni e frane e colate detritiche. Particolare rilievo viene dato ai terremoti, che rappresentano l'argomento principale di questo progetto.

4.5.1 Terremoti

I terremoti che si sono verificati in prossimità delle aree grandi urbane hanno causato danni significativi. Questo è dovuto in parte alla dimensione relativa dei sistemi di condotte interrate esposta al terremoto ed in parte ai punti di debolezza di tali sistemi. Alcuni esempi di punti deboli sono l'invecchiamento delle condotte, la corrosione e la rigidezza dei giunti. Di seguito vengono presentati casi selezionati di danni provocati sulle condotte interrate dai terremoti degli ultimi due decenni.

A seguito del terremoto, nel 2008, di Wenchuan, in Cina (Ms = 8), si sono registrati danni significativi sulle condotte idriche. Per esempio, nel distretto di An Xian, si sono verificate 100 rotture di cui il 70% su tubazioni in ferro e il 30% su condotte in acciaio, rispettivamente, su 39,6 km di condutture con diametri variabili da 63 a 300 mm (Yifan et al., 2008). Anche le condotte in acciaio per il gas sono state danneggiate.

I due maggiori centri i cui sistemi idrici sono stati significativamente colpiti dal terremoto del 23 Ottobre 2004 nella prefettura di Niigata, in Giappone (Mw = 6.6) sono quelli di Nagaoka e Ojiya. Come riferito da Scawthorn et al. (2006), il sistema di approvvigionamento idrico di Nagaoka ha approssimativamente 1.084 km di condutture di adduzione e distribuzione. Il 66% circa della lunghezza totale del sistema è costituita da tubi in ghisa sferoidale, il 21% da tubi in polivinilcloruro non plastificato (PVC), il 7% da tubi in acciaio, il 6% da tubi in ghisa e lo 0,5% da tubi di cemento amianto. Le condotte principali di adduzione, di dimensioni maggiori, non sono risultate in genere danneggiate; le tubazioni di diametro più piccolo hanno subito danni significativi. Nagaoka ha dovuto far fronte a 287 rotture nell'ambito del suo sistema di condotte di adduzione e distribuzione idrica.

Il sistema di approvvigionamento idrico di Ojiya ha circa 328 km di condutture di adduzione e distribuzione. Il 71% circa della lunghezza totale del sistema è costituito da tubi in ghisa sferoidale, il 16% da tubi in acciaio, il 9% da tubi in PVC rigido non plastificato e il 4% da tubi in polietilene. La città ha dovuto far fronte a 102 rotture nel suo sistema di condotte di adduzione e distribuzione idrica. Molte rotture riguardavano le tubazioni di diametro relativamente piccolo.

Il terremoto del 1999 di Ji-Ji, a Taiwan (anche detto terremoto di Chichi) ha causato danni di vaste proporzioni sui servizi a rete di importanza vitale, tra cui il sistema di distribuzione idrica e di fornitura del gas naturale. Chen, et al. (2002) hanno studiato il comportamento delle condutture del gas della città di Taichung, la città più grande nell'area disastrata dal terremoto di Chichi. La lunghezza delle condotte installate superava i 979 km (non considerando le tubazioni di derivazione d'utenza, dalle linee di distribuzione). La rete di condotte era costituita principalmente da tre tipi di materiali: polietilene, acciaio e ghisa. Tra i tubi in acciaio si potevano distinguere tubi rivestiti esternamente in polietilene, tubi in acciaio zincato, e tubi in acciaio ordinario. I tubi di ghisa venivano utilizzati per le condotte di diametro maggiore, ma raramente impiegati negli anni recenti. In termini di lunghezza delle condutture, le tubazioni in acciaio erano quelle più lunghe, per un totale di 800 km, mentre i tubi in PE raggiungevano una lunghezza complessiva di 152 km. Erano presenti soltanto 27 km di tubazioni in ferro. Nello sviluppo della rete di distribuzione del gas della città di Taichung erano in uso condutture di diverso diametro,

variabile da 25 a 250 mm. I diametri dei tubi con più di 100 km di sviluppo lungo le condutture sono quelli di 50, 80, 100 e 150 mm. Chen, et al. hanno identificato la posizione delle rotture in base ai dati raccolti immediatamente dopo il terremoto di Chichi, li hanno rielaborati tali dati per una maggiore precisione ed infine hanno concluso con il rilievo di 795 rotture.

Per poter studiare la distribuzione delle rotture lungo le tubazioni del gas naturale e le condotte idriche a seguito del terremoto di Chichi, Chen, et al. hanno creato un database GIS e delle procedure di analisi. Hanno anche condotto analisi statistiche per capire la correlazione tra il tasso di riparazione (RR, Repair Rate) ed i parametri sismici come accelerazione massima al suolo, velocità di propagazione al suolo e intensità spettrale, provando reticoli riferimento di diverse dimensioni e calcolando i parametri descrittivi come suggerito da Toprak (1998). Hwang et al. (2004) hanno valutato, in particolare, le prestazioni delle tubazioni in acciaio della rete di fornitura del gas della città di Taichung. Sia Chen et al. (2002) che Hwang et al. (2004) hanno usato l'indice di rottura (o tasso di riparazione) nelle loro correlazioni.

I devastanti terremoti del 1999 di Kocaeli (M = 7.4) e Duzce (M = 7.2), in Turchia, hanno causato danni consistenti in relazione all'approvvigionamento idrico in molte città e non è stato possibile ripristinare il servizio idrico fino a molti mesi dopo il terremoto. La tabella 4.3 riepiloga le prestazioni delle condutture in alcune località durante i terremoti del 1999 di Kocaeli e Duzce. Ci sono voluti dai 3 ai 6 mesi circa per ripristinare il servizio idrico ai suoi livelli originali in queste località. Le tubazioni in cemento amianto (CA), considerate fragili, erano il tipo predominante di tubi nei sistemi di distribuzione idrica delle aree colpite dal terremoto. La figura 4.12 mostra i danni subiti da una condotta in acciaio a causa dei movimenti di faglia durante il terremoto di Izmit del 1999.

Il terremoto del 1994 a Northridge, negli USA, ha offerto un'opportunità unica per sviluppare e migliorare le correlazioni tra le rotture nelle tubazioni e i parametri sismici. Gli studi condotti da Toprak (1998), O'Rourke et al. (1998), O'Rourke e Toprak (1997) rappresentano il primo esempio di utilizzo delle complesse capacità di analisi GIS applicate a un sistema di approvvigionamento idrico di grandi dimensioni, negli USA, che aveva subito ingenti danni a seguito del terremoto, con registrazione di movimenti rilevanti. Si è assistito ad un danneggiamento delle condutture di vaste proporzioni e ad un impiego estensivo di strumenti per la registrazione dei movimenti attraverso tutta la Città di Los Angeles, durante il terremoto. I danni causati dal terremoto hanno determinato la necessità di riparazioni su 15 sistemi, 74 linee principali di adduzione (diametro nominale dei tubi ≥ 600 mm) e 1.013 linee di distribuzione (diametro < 600 mm). Inoltre, sono state raccolte valide informazioni sulle caratteristiche delle tubazioni, sulle riparazioni condotte e sulle misurazioni dei movimenti significativi. Come parte dello studio, tutti i circa 10.750 km di linee di distribuzione e 1.000 km di linee principali di adduzione sono stati digitalizzati ed inseriti in un database GIS che comprende anche un registro delle riparazioni e le registrazioni corrette dei movimenti significativi da 165 stazioni sismografiche.

I danni causati dal terremoto sulle condutture interrate possono essere attribuiti a deformazioni temporanee del terreno (TGD, Transient Ground Deformation), a deformazioni permanenti del terreno (PGD, Permanent Ground Deformation) o a entrambe. Le TGD rappresentano il risultato delle onde sismiche e sono spesso indicate come onde di propagazione o scosse. Le PGD si hanno per effetto di scorrimento di faglie superficiali, liquefazione, frane e cedimenti differenziali per consolidazione di terreni incoerenti. La figura 4.13 mostra le interazioni tra terreno e condutture a seguito di PGD causate da un terremoto. La magnitudine relativa di TGD e PGD determina quale delle due avrà un'influenza predominante sulla riposta delle tubazioni. Le TGD inducono in genere livelli di tensione molto più bassi sulle condutture, rispetto alle PGD. Nonostante ciò, poiché le TGD si estendono ad un area più vasta rispetto alle PGD, i danni da esse causati sulle tubazioni sono generalmente significativi (Toprak, 1998; Toprak e Taskin, 2007).

Un esempio calzante, in cui le PGD sono risultate responsabili di elevati tassi di riparazione delle condutture, è fornito dal terremoto di San Fernando del 1971. Eguchi (1982) ha fatto delle valutazioni sui danni alle condutture nella zona Nord della San Fernando Valley (Valle di San Fernando), causate dal terremoto di San Fernando del 1971. Dopo un confronto tra i danni alle condotte causati dalla rottura della faglia, dai cedimenti del terreno e dalle scosse, ha concluso dicendo che quasi la metà del totale dei danni sulle condotte di distribuzione era localizzato in aree circoscritte, in cui si potevano osservare rotture della faglia e cedimenti del terreno.

Tabella 4.3. Prestazioni delle condotte in alcune località durante il terremoto del 1999 a Kocaeli e Duzce (Toprak et al., 2007)

Località	Terremoto	Informazioni sulla rete di distribuzione	Danni	Fonte
Adapazari (popolazione di circa 184.000 ab.)	1999 Kocaeli	Oltre 500 km di linee di adduzione e distribuzione (principalmente CA, con tratti di tubazioni in acciaio di lunghezza relativamente breve)	Il 70% delle condutture risultarono danneggiate, con perdite minori rilevate nel rimanente 30% [L'intero sistema di condotte è stato sostituito soprattutto con tubazioni in PEAD (Polietilene ad alta densità) ed alcuni tubi saldati con il ferro e tubi AC]	O'Rourke et al. (2000)
Gölcük (popolazione di circa 76.500 ab.)	1999 Kocaeli	120 km di condutture in polivinilcloruro (PVC), ferro, Polietilene ad alta densità (PEAD) e CA	Il 45% del sistema è stato distrutto, un'ulteriore 25% danneggiato	O'Rourke et al. (2000)
Sapanca (popolazione di circa 17.000 ab.)	1999 Kocaeli	Circa 90 km di tubazioni quasi interamente in CA	Sono state registrate 400 rotture a seguito del terremoto (Condutture danneggiate sostituite con tubi in PVC)	Sarıkaya e Koyuncu (1999)
Duzce (popolazione di circa 76.000 ab.)	1999 Kocaeli e Duzce	Circa 780 km di tubazioni in PVC, Ghisa e CA	Tra circa 500 e 800 riparazioni necessarie (Per l'analisi dei dati relativi alle riparazioni conseguenti ai terremoti di Kocaeli e Duzce è stato utilizzato un criterio temporale. L'individuazione delle rotture sulle condotte causate dal terremoto di Duzce è inficiata dagli effetti del precedente terremoto di Kocaeli)	Tromans, et al. (2004)

Un esempio calzante di situazione in cui le TGD sono risultate responsabili degli elevati tassi di riparazione delle condutture è il terremoto di Michoacan del 1985, che ha causato danni diffusi al sistema di approvvigionamento idrico di Città del Messico. Ayala e O'Rourke (1989) hanno riferito che non si verificò alcuna liquefazione del terreno o PGD nell'area di Città del Messico, ed hanno attribuito le rotture del sistema idrico principalmente agli effetti di propagazione dell'onda sismica.
Se PGD e TGD sono di magnitudine simile, contribuiranno al danneggiamento delle condutture a livelli paragonabili. Si osservano spesso rilevanti TGD quando si verificano impulsi superficiali con velocità di propagazione al suolo elevata o dove le caratteristiche locali di risposta corrispondono ad un'amplificazione dei movimenti transitori. Per esempio, Pease e O'Rourke (1997) hanno studiato i danni sulle condutture di San Francisco, causate dal terremoto di Loma

Prieta, ed hanno dimostrato che le sollecitazioni di taglio laterali transitorie in terreni liquefatti rappresentavano la causa principale degli spostamenti orizzontali e dei danni sismici sulle condutture interrate della Marina.

Fig. 4.12. Deformazione di una condotta idrica a seguito dei movimenti di faglia durante il terremoto di Izmit del 1999 (Eidinger et al., 2002)

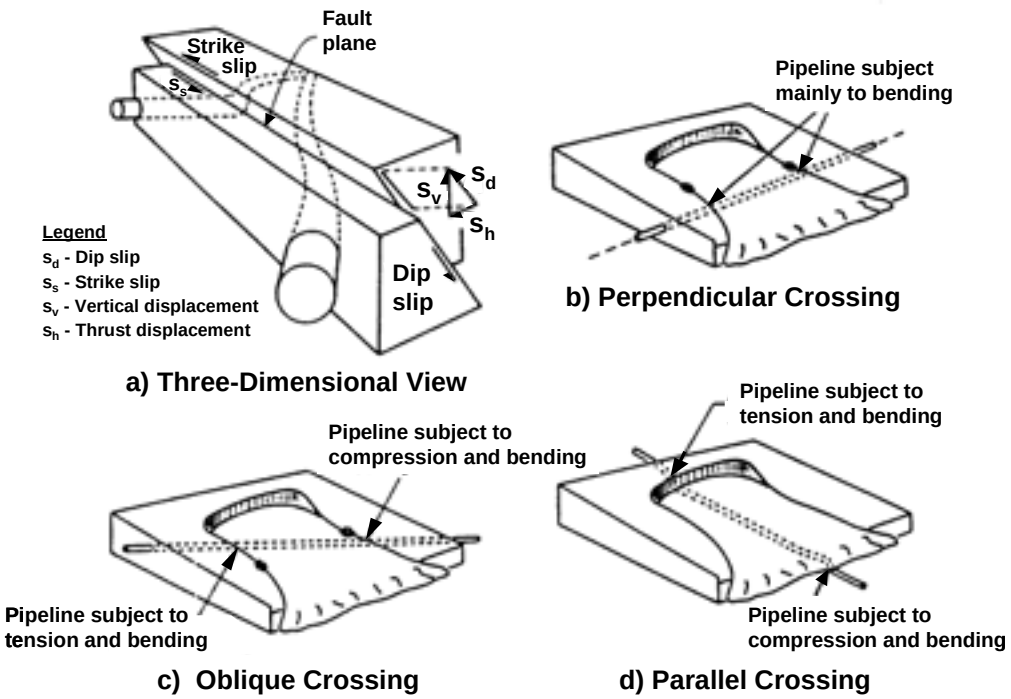


Fig. 4.13. Interazioni tra terreno e condutture a seguito di deformazioni permanenti del terreno causate da un terremoto (O'Rourke, 1998)

4.5.1.1 Scosse (Deformazioni temporanee del terreno)

I danni sulle condutture dovuti agli effetti delle TGD sono correlati a diversi parametri sismici, mentre i danni dovuti agli effetti delle PGD sono correlati all'entità del movimento o deformazione del terreno. La quantificazione dei danni sulle condutture viene comunemente espressa come tasso di riparazione, che è il numero di riparazioni sulle condotte, in un area, diviso per la lunghezza delle tubazioni presenti nella stessa area. Toprak (1998) ha valutato le correlazioni relative ai danni sulle condutture sviluppate prima del terremoto del 1994 a Northridge, negli USA, ed ha utilizzato vari parametri sismici per trovare nuove relazioni tra l'intensità sismica ed i danni subiti dalle tubazioni. I parametri sismici che ha tentato di coinvolgere sono l'intensità secondo la Scala Mercalli Modificata (MMI, Modified Mercalli Intensity), l'accelerazione di picco la suolo (PGA, Peak Ground Intensity), la velocità di propagazione al suolo (PGV, Peak Ground Velocity), lo spostamento massimo al suolo, l'accelerazione spettrale, la velocità spettrale, l'intensità spettrale e l'intensità di Arias. Tra i vari parametri sismici, le correlazioni statisticamente più significative sono state trovate per la PGV (Toprak, 1998; O'Rourke et al., 1998). Si ha una interpretazione fisica più diretta della PGV in termini dei suoi effetti sulle condotte interrate. La PGV è correlata alla sollecitazione assiale che si sviluppa nel terreno, dovuta alla propagazione delle onde sismiche, secondo la seguente equazione generale (*Committee on Gas and Liquid Fuel Lifelines, 1984*):

$$\varepsilon_g = \frac{V_{max}}{C} \qquad (1)$$

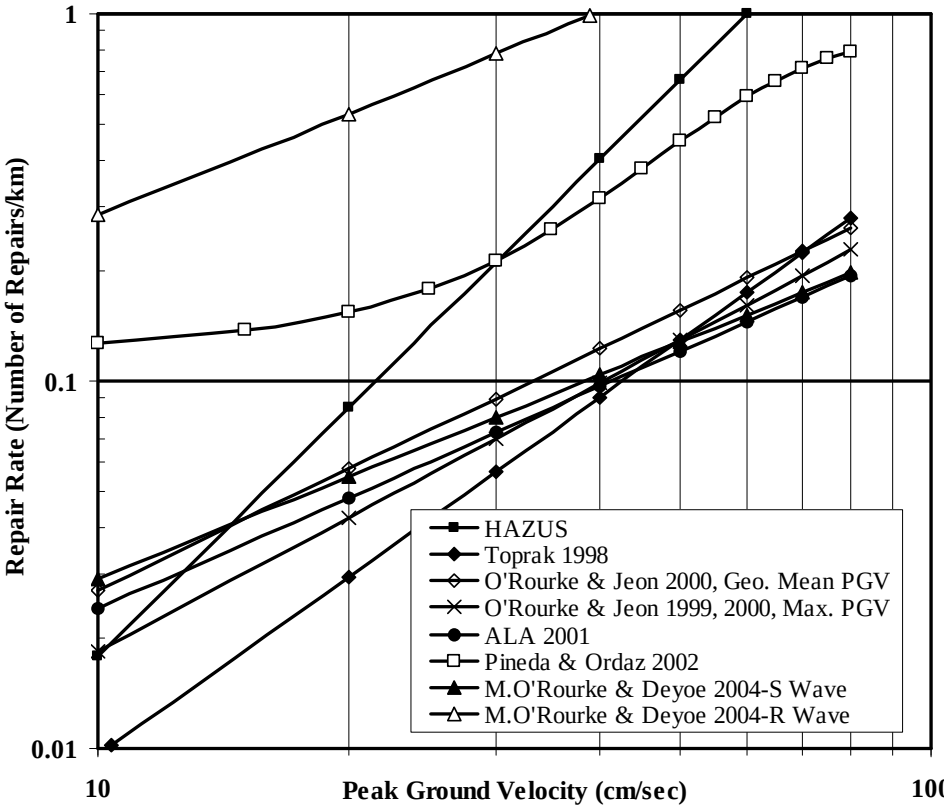


Fig. 4.14. Correlazione tra danni subiti dalle condotte interrate e PGV (Toprak e Taskin, 2007)

dove ε_g è la tensione sismica massima del terreno, V_{max} è la velocità massima del terreno e C è la velocità di propagazione dell'onda sismica. Una certa frazione della tensione del terreno, in funzione dello scorrimento reciproco tra tubazione e terreno circostante, è trasferita alle condotte. A causa di questa relazione, ci si aspetta una buona correlazione tra la PGV ed i danni alle tubazioni.

4.5.1.2 Liquefazione e dislocazione laterale

La liquefazione è una delle preoccupazioni principali per le strutture e i sistemi a rete interrati in terreni sabbiosi saturi. Danni causati da una ridotta resistenza al taglio, dai cedimenti e dalla dislocazione laterale Sono comunemente riportati, in riferimento ai terreni liquefatti (es. Hamada e O'Rourke, 1992; Holzer e Toprak, 1999).

Per valutare il potenziale di liquefazione dei terreni sabbiosi viene comunemente utilizzata la "Procedura Semplificata" introdotta da Seed e Idriss (1971). Tale procedura è stata in seguito rivista ed aggiornata (es. Seed et al., 1983; Youd and Idriss, 1997). La procedura semplificata richiede il calcolo o la stima di due variabili, dette rapporto di tensione ciclico (CSR, Cyclic Stress Ratio) e rapporto di resistenza ciclica (CRR, Cyclic Resistance Ratio). Il CSR rappresenta il carico sismico di uno strato di terreno, mentre il CRR corrisponde alla capacità di resistenza alla liquefazione del terreno. Il CSR può essere calcolato tramite la seguente equazione (Seed and Idriss, 1971):

$$CSR = (\tau_{av}/\sigma'_{vo}) = 0.65\,(a_{max}/g)(\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})r_d \qquad (2)$$

Dove, a_{max} è l'accelerazione orizzontale di picco al piano di campagna generata dal terremoto, g è l'accelerazione di gravità, σ_{vo} e σ'_{vo} rappresentano, rispettivamente, la tensione totale ed efficace, dovute ai sovraccarichi verticali, e r_d è un coefficiente di riduttivo dell'azione sismica.

Il CRR viene determinato utilizzando relazioni empiriche sviluppate in base ai dati relativi a terremoti passati (es. Seed et al., 1983; Youd e Idriss, 1997). Le relazioni empiriche, che erano originariamente basate sui risultati delle prove SPT, sono state estese per includere anche i risultati delle prove CPT (es. Robertson e Campanella, 1985; Seed e DeAlba, 1986; Robertson e Wride, 1997). Un riepilogo ed aggiornamento della procedura semplificata è stato proposto più recentemente (Youd et al., 2001).

Anche se le curve limite della procedura semplificata forniscono una stima piuttosto precisa riguardo il verificarsi o meno della liquefazione, esse non forniscono valutazioni probabilistiche circa il potenziale di liquefazione di un particolare sito. Le analisi di rischio o gli studi di valutazione dei rischi richiedono relazioni probabilistiche circa il potenziale di liquefazione. Per soddisfare tale necessità, Liao (1986) e Liao et al. (1988) hanno applicato analisi di regressione logistica (logit) per valutare le probabilità di liquefazione. Un modello di regressione logistica è appropriato quando il risultato è una variabile binaria o dicotomica, come il verificarsi della liquefazione (si o no). Applicazioni di questa tecnica in vari campi sono descritte da Hosmer e Lemeshow (1989). Recentemente, Noble e Youd (1998) e Liao e Lum (1998) hanno presentato nuove equazioni probabilistiche riguardo la liquefazione, in base ai risultati di prove SPT, utilizzando l'analisi di regressione logistica. Una delle più recenti relazioni probabilistiche circa il potenziale di liquefazione in funzione dei risultati sia di prove SPT che CPT, si può trovare nel lavoro di Toprak et al. (1999).

La dislocazione laterale del terreno indotta dalla liquefazione è una delle principali cause di rotture nei sistemi di condutture e diversi autori hanno proposto equazioni per la previsione della dislocazione laterale nei siti soggetti a liquefazione (es. Hamada et al. 1986; Bartlett e

Youd, 1995). Youd et al. (2002) hanno proceduto con la regressione multilineare (MLR, MultiLinear Regression) di un ampia base dati ed hanno suggerito due equazioni; una per condizioni di terreno in lieve pendenza e l'altro per condizioni di terreno pianeggiante con una ''faccia libera'' in direzione della quale può avvenire una dislocazione laterale. L'equazione per condizioni di terreno in lieve pendenza è la seguente:

$$\log D_H = -16.213 + 1.532M - 1.406 \log R^* - 0.012R + 0.338 \log S + 0.540 \log T_{15} + 3.413 \log(100 - F_{15}) - 0.795 \log(D50_{15} + 0.1 \text{ mm}) \quad (3)$$

dove D_H è la dislocazione laterale del terreno stimata, in metri; M è la magnitudo del momento sismico; R^* è un valore di distanza dall'epicentro modificata, definito come $R^*=R+R$o, in cui Ro = fattore di distanza, in funzione della magnitudo del terremoto, è definito come $R\text{o}=10^{(0,89M-5,64)}$ e R = distanza minima orizzontale o distanza sulla mappa del sito dall'epicentro, in kilometri; T_{15} è lo spessore cumulativo degli strati granulari saturi con valore corretto del numero di colpi, $(N_1)_{60}$ inferiore a 15, in metri; F15 rappresenta il contenuto medio di fino (frazione del campione di terreno passante al setaccio N. 200 - granuli <0.075 mm) relativo ai materiali granulari compresi entro T_{15}, in percentuale; D5015 è la misura del diametro del granulo medio del sedimento, relativo ai materiali granulari all'interno di T_{15}, in millimetri, S rappresenta la pendenza del terreno, in percentuale. L'applicazione di questo metodo a Denizli si può trovare nel lavoro di Toprak et al. (2009).

4.5.1.3 Frane indotte da terremoto

Gli smottamenti dei versanti, o frane, indotti da terremoto si verificano comunemente su vaste aree collinari in pendenza, durante i terremoti di grandi dimensioni, e possono produrre danni notevoli. La possibilità di smottamento dei versanti a seguito di terremoti dipende dal potenziale verificarsi di uno scuotimento dei terreni a livelli abbastanza alti da innescare il movimento. La suscettibilità agli smottamenti si basa sulle condizioni che determinano l'instabilità dei versanti, tra cui la stabilità statica, le caratteristiche geologiche, la direzione e il grado di inclinazione del pendio, la presenza di acqua di falda, la resistenza del terreno e l'intensità e la durata delle scosse (Nisar, et al. 2006).

Si verifica una frana di un versante collinare quando le forze statiche, sommate a quelle d'inerzia che agiscono sulla massa di terreno che può scorrere, determinano temporaneamente un fattore di sicurezza inferiore a 1,0. Il valore dell'accelerazione di picco la suolo necessario per causare la riduzione del fattore di sicurezza a 1,0 è noto come accelerazione critica o di rilascio, a_c. Questo valore di accelerazione è determinato in base ad analisi di stabilità dei pendii pseudo-statiche e/o in base ad osservazioni empiriche del comportamento dei pendii durante terremoti passati (ALA, 2005). Una relazione a questo proposito è stata suggerita da Wilson e Keefer (1985) ed è fornita nelle tabelle 4.4. e 4.5.

4.5.2 Alluvioni

Le alluvioni possono arrecare danni alle strutture, erodere le coste e gli argini dei fiumi, sradicare alberi, cancellare vie di accesso e causare morti e feriti. Le aree soggette ad alluvioni e soprattutto al trasporto di detriti sono i siti dove si verificano primariamente danni alle condutture. Quando le tubazioni attraversano queste aree, si dovrebbe prestare attenzione ai potenziali problemi.

Le tubazioni e le apparecchiature localizzate in una zona a rischio di alluvioni, soggetta all'azione dell'alta velocità del flusso, non devono essere installate su oppure passare dentro le protezioni speciali progettate per cedere sotto il carico dovuto alle alluvioni.

Quando le tubazioni vengono installate in aree a rischio di alluvione, si dovrebbero eseguire verifiche relative al galleggiamento. Se un tubo vuoto si trova sotto il livello dell'acqua, tende a galleggiare. In tali casi è necessario un ricoprimento minimo di terreno tale da contrastare la tendenza al galleggiamento.

Tabella 4.4. Suscettibilità agli smottamenti dei vari gruppi geologici

Geologic Group		Slope Angle, Degrees					
		0-10	10-15	15-20	20-30	30-40	>40
(a) Dry (groundwater below level of sliding)							
A	Strongly cemented rocks (crystalline rocks and well-cemented sandstone, (c'=300 psf, ϕ=35°)	None	None	I	II	IV	VI
B	Weakly cemented rocks (sandy soils and poorly-cemented sandstone, (c'=0 psf, ϕ=35°)	None	III	IV	V	VI	VII
C	Argillaceous rocks (shales, clayey soil, existing landslides, poorly compacted fills), (c'=0 psf, ϕ=20°)	V	VI	VII	IX	IX	IX
(b) Wet (groundwater level at ground surface)							
A	Strongly cemented rocks (crystalline rocks and well-cemented sandstone, (c'=300 psf, ϕ=35°)	None	III	VI	VII	VIII	VIII
B	Weakly cemented rocks (sandy soils and poorly-cemented sandstone, (c'=0 psf, ϕ=35°)	V	VIII	IX	IX	IX	X
C	Argillaceous rocks (shales, clayey soil, existing landslides, poorly compacted fills), (c'=0 psf, ϕ=20°)	VII	IX	X	X	X	X

Tabella 4.5. Limite inferiore della pendenza e accelerazione critica per la suscettibilità agli smottamenti

	Dry Conditions	Wet Conditions	Dry Conditions	Wet Conditions
A	15	10	0.20	0.15
B	10	5	0.15	0.10
C	5	3	0.10	0.05

4.5.3 Frane e colate detritiche

Con il termine frana si intende "il movimento di una massa di rocce, detriti o terreno lungo un pendio". (Cruden, 1991). Le frane sono un tipo di "perdita di massa" che caratterizza qualsiasi movimento di materiale roccioso o sciolto lungo un pendio sotto l'effetto diretto della gravità. Il termine "frana" comprende eventi come caduta di massi, crolli, ribaltamenti, scorrimenti, e flussi, come le colate detritiche, a cui ci si riferisce comunemente come colate di fango (Varnes, 1996).

Le frane possono essere innescate da precipitazioni, terremoti, attività vulcanica, variazioni di livello della falda acquifera, interferenze e variazioni di pendenza dei versanti a causa di attività antropiche legate alle costruzioni, o qualsiasi combinazione di questi fattori. Si possono innescare frane anche sott'acqua, causando onde di tsunami e danni alle aree costiere. Queste frane sono dette frane sottomarine (vedi http://landslides.usgs.gov/learning/faq/).

SI ha rottura di un pendio quando la forza che spinge il pendio verso il basso (gravità) supera la resistenza dei materiali costituenti il terreno che forma il pendio. Le frane si possono muovere lentamente, (alcuni millimetri all'anno) o si possono muovere velocemente ed in modo disastroso, come nel caso delle colate detritiche. Le colate detritiche possono anche raggiungere velocità di 320 km/ora (più comunemente, 48 - 60 km/ora), a seconda dell'angolo di inclinazione del pendio, del contenuto d'acqua, e del tipo di terreno e di detriti che formano il flusso. Questi flussi vengono innescati da di abbondanti precipitazioni, di solito prolungate per lunghi periodi, ma a volte possono anche avvenire a seguito di brevi scrosci di piogge concentrate, nelle aree sensibili. Le aree carbonizzate a seguito di incendi non domati sono particolarmente soggette alle colate detritiche, sotto certe caratteristiche del terreno e condizioni del pendio (vedi http://landslides.usgs.gov/learning/faq/).

Quando la conduttura attraversa una zona in frana, è soggetta a forze di taglio in corrispondenza dei bordi laterali della frana. Questo può portare la tubazione a flettersi e conseguentemente a rompersi. Quando la conduttura è allineata con la frana, sarà soggetta a sollecitazioni di compressione e trazione dovuti all'interazione con il terreno in movimento verso il basso. Le sollecitazioni di compressione causano deformazioni e rotture. La figura 4.15 mostra il gasdotto Williams West, ex gasdotto Northwest, colpito dalla frana di Douglas Pass, Colorado, U.S.A.

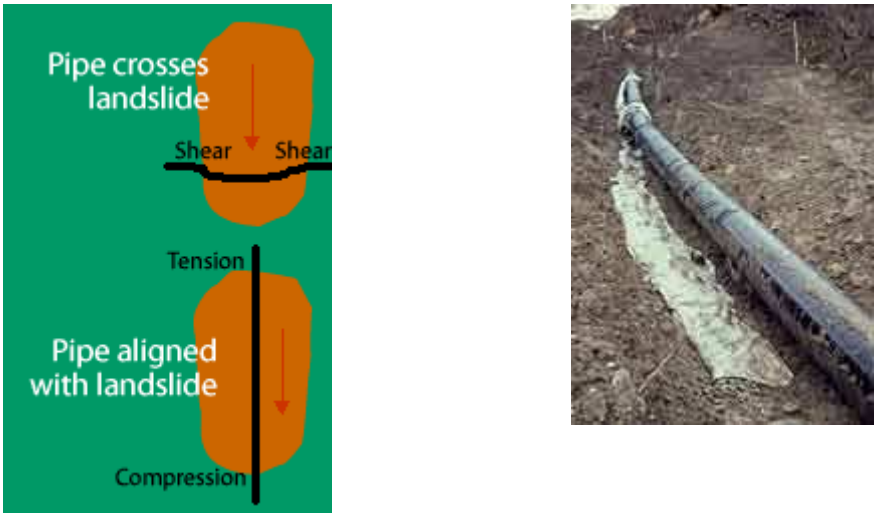


Fig. 4.15. Gasdotto Williams West, ex gasdotto Northwest, che attraversa Douglas Pass, Colorado, U.S.A.
(da http://www.slopeindicator.com/stories/douglaspass-pipeline.html)

Il principale pericolo potenziale causato dalle colate detritiche sulle condutture è rappresentato dal movimento relativamente rapido del terreno che circonda le tubazioni, e all'associata dislocazione delle stesse. La dislocazione delle condutture ha più probabilità di avvenire in prossimità dell'apice della scarpata piuttosto che nelle parti più basse della colata detritica (Nisar, et al. 2006).

4.6 Bibliografia

Ayala, A. G.; O'Rourke, M. J., (1989), "Effect of the 1985 Michoacan Earthquake on water system and other buried lifelines in Mexico", Buffalo, NY, NCEER 89-009.

American Lifelines Alliance (ALA), (2005). Seismic Guidelines for Water Pipelines, <http://www.americanlifelinesalliance.org>.

Bartlett, S. F.; Youd, T. L., (1995), "Empirical prediction of liquefaction induced lateral spread", Geotech Eng ASCE 121:316–329.

Breen, J.; Boersma, A., (2005), "Long term performance of existing PVC water distribution systems", 9th Int. Conf. PVC, Brighton.

Chen, W. W., Shiha, B., Chen, Y., Hung, J., Hwang, H. H. (2002) Seismic Response of Natural Gas and Water Pipelines in the Ji-Ji Earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 22 (2002) 1209–1214.

Colin, X.; Audouin, L.; Verdu, J.; Rozental-Evasque, M.; Rabaud, B.; Martin, F.; Bourgine, F., (2009), "Aging of Polyethylene Pipes Transporting Drinking Water Disinfected by Chlorine Dioxide. I. Chemical Aspects", Polymer Engineering and Science, Wiley Interscience, DOI 10.1002/pen.21258, 1429-1437.

Committee on gas and liquid fuel lifelines, (1984), "Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems", ASCE, Newyork, NY.

Cruden, D.M., (1991), "A Simple Definition of a Landslide", Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 43, pp. 27-29.

Eguchi, R. T., (1982), "Earthquake performance of water supply components during the 1971 San Fernando Earthquake", Technical Report 1396-2a, Wiggins JH Company, Redondo Beach, CA.

Eidinger, J. M., O'Rourke, M., Bachhuber, J. (2002). Performance of a Pipeline at a Fault Crossing, *Proceedings, Seventh U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Theme: Urban Earthquake Hazard*, No: 261, Boston, MA, U.S.A.

Hamada, M.; O'Rourke, T. D., (1992), "Case studies of liquefaction and lifeline performance during past earthquakes," Technical Report NCEER-92-0001.

Hamada, M.; Yasuda, S.; Isoyama, R.; Emoto, K., (1986), "Study on liquefaction-induced permanent ground displacements", Association for the Development of Earthquake Prediction, Japan.

Holzer, T. L.; Toprak, S., (1999), "Differential building settlements caused by liquefaction during the Izmit, Turkey, earthquake [abs]," Transactions, American Geophysical Union, Fall Meeting Supplement, 80(46): F673.

Hosmer, D. W., Jr., and Lemeshow, S., 1989, Applied logistic regression: New York, John Wiley & Sons, 307 p.

Hwang H.,, Chiu, Y. H., Chen, W. Y., Shih, B. J. (2004) Analysis of Damage to Steel Gas Pipelines Caused by Ground Shaking Effects during the Chi-Chi, Taiwan, Earthquake, *Earthquake Spectra*, Volume 20, No. 4, pages 1095–1110, November 2004.

Liao, S. S. C., 1986, Statistical modeling of earthquake-induced liquefaction [Ph.D. thesis]: Massachusetts Institute of Technology, 470 p.

Liao, S. S. C., and Lum, K. Y., 1998, Statistical analysis and application of the magnitude scaling factor in liquefaction analysis, *in* Geotechnical earthquake engineering and soil dynamics III, Seattle, WA, ASCE Geotechnical Special Publication 75, p. 410-421.

Liao, S. S. C., Veneziano, D., and Whitman, R. V., 1988, Regression models for evaluating liquefaction probability: Journal of Geotechnical Engineering, v. 114, no. 4, p. 389-411.

Liemberger, R. (2005), “Performance Indicators”, World Bank Institute, NRW Training Module 6.

Nisar, A.; Scawthorn, C.; Stillman, C.; Jasperse, J.; Gur, T.; Villet, W., (2006), “Multihazard Reliability For A Major Water Utility Agency in the San Francisco Bay Area”, Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, April 18-22, San Francisco, California, USA, Paper No: 928.

Noble, S. K., and Youd, T. L., 1998, Probabilistic evaluation of soil liquefaction resistance [Master of Science thesis]: Brigham Young University, 77 p.

O’Rourke, T. D. and Jeon, S. S., "Seismic Zonation for Lifelines and Utilities, Invited Keynote Paper on Lifelines," *Proceedings Sixth International Conference on Seismic Zonation*, Palm Springs, CA, EERI CD ROM 2000.

O’Rourke, T. D., (1998), “An Overview of Geotechnical and Lifeline Earthquake Engineering”, In Geotechnical Special Publication No. 75, ASCE (Pakoulis, P., Yegian, M., Holtz, D.(eds.)), Reston, VA, II, pp. 1392-1426.

O’Rourke, T. D.; Toprak, S., (1997), “GIS assessment of water supply damage from the Northridge earthquake”, In: J. D. Frost (ed.), Geotechnical Special Publication, ASCE, New York, NY, pp. 117–131.

O’Rourke, T. D.; Toprak, S.; Sano, Y., (1998), “Factors affecting water supply damage caused by the Northridge earthquake”, In: Proceedings of the 6th US National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, WA, USA, pp. 1–12.

Pease, J. W.; O’Rourke, T. D., (1997), “Seismic response of liquefaction sites”, J. Geotechn. Geoenviron. Eng. 123, 37–45.

Pilcher, R.; Dizdar, A.; Toprak, S.; De Angelis, E.; Koç, A. C.; Dilsiz, C.; De Angelis, K.; Dikbaş, F.; Fırat, M.; Bacanlı, Ü. G., (2008), “The Basic Water Loss Book”, Leonardo Da Vinci Project TR/06/B/F/PP/178065 PROWAT.

Robertson, P.K., and Campanella, R.G., 1985, Liquefaction potential of sands using the CPT: Journal of Geotechnical Engineering, v. 111, no. 3, p. 384-403.

Robertson, P.K., and Wride, C.E., 1997, Cyclic liquefaction and its evaluation based on the SPT and CPT, *in* Youd, T.L., and Idriss, I.M., eds., Evaluation of liquefaction resistance of soils, Salt Lake City, UT, National Center for Earthquake Engineering and Research Technical Report 97-0022, p. 41-87

Sanchez, M.; Louis, S.; Bruzek, C-E.; Rabaud, B.; Rozental-Evasque, M.; Glucina, K., (2008), “Development of a "Nol-Ring" test to study polyethylene pipe degradation and its implementation on field house connection pipes”, The European Corrosion Congress (EUROCORR 2008), 7 – 11 September 2008, Edinburgh, United Kingdom.

Sarıkaya, H. Z. and Koyuncu, I., “Evalution of the Effects of Kocaeli Earthquake on Water and Wastewater Systems”, Proceedings, *Proceedings of ITU-IAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake, 17 August 1999*, A Scientific Assessment and Recommendation for Re-Building, 183-191, 1999.

Scawthorn C, Miyajima M, Ono Y, Kiyono J and Hamada M. (2006), "Lifeline Aspects of the 2004 Niigata Ken Chuetsu, Japan, Earthquake," *Earthquake Spectra*, EERI, 22, Issue S1, S89-S110, 2006.

Seago, C.; McKenzie, R.; Liemberger, R. (2005), “International Benchmarking from Water Reticulation Systems”, Leakage 2005 Conference, Halifax, Canada.

Seed, H. B., DeAlba, P.A., 1986, Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands, *in* Clemence, S.P., ed., ASCE Geotechnical Special Publication No. 6, p. 281-301.

Seed, H. B., Idriss, I. M., and Arango, I., 1983, Evaluation of liquefaction potential using field performance data: Journal of Geotechnical Engineering, v. 109, no. 3, p. 458-482.

Seed, H. B.; Idriss, I. M., (1971), "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential", J Soil Mech Found Div 97:1249–1273.

Toprak, S., (1998), "Earthquake Effects on Buried Lifeline Systems", PhD Thesis. Cornell University, Ithaca, NY.

Toprak, S.; Holzer, T.L.; Bennett, M. J.; Tinsley, J. C. III, (1999), "CPT- and SPT-based probabilistic assessments of liquefaction potential", *in* O'Rourke, T.D., Bardet, J-P., and Hamada, M., eds., U.S. - Japan workshop on earthquake resistant design of lifeline facilities and countermeasures against liquefaction, 7th, Seattle, 1999, Proceedings, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research Technical Report MCEER-99-0019, p. 69-86.

Toprak, S.; Koç, A. C.; Taşkın, F., (2007), "Evaluation of Water Distribution Pipeline Performance Against Earthquakes", Paper No: 1748, 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, 25-28 June 2007, Greece.

Toprak, S.; Taskin, F., (2007), "Estimation of earthquake damage to buried pipelines caused by ground shaking", Natural Hazards, 40:1–24.

Toprak, S.; Taşkın, F.; Koç, A. C., (2009), "Prediction Of Earthquake Damage To Urban Water Distribution Systems: A Case Study For Denizli, Turkey", The Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 68:499-510.

Tromans, I., Marlow, D. and Bommer, J., "Spatial Distribution of Pipeline Damage in Düzce Caused By the 1999 Kocaeli and Düzce Earthquakes," Paper No. 2916, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, August 1-6, 2004.

Varnes, D.J., (1996), "Landslide Types and Processes", in Turner, A. K., and R.L. Schuster, Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board Special Report 247, National Research Council, Wasington, D.C., National Academy Press.

Wikipedia, (2010), http://it.wikipedia.org/wiki/Tubo.

Wilson, R. C. and Keefer, D. K., (1985) Predicting areal limits of earthquake induced landsliding, evaluating earthquake hazards in the Los Angeles region, U.S. Geological Survey professional paper, Ziony, J. I., Editor, p. 317-493, 1985.

Youd, T. L., and Idriss, I. M. (eds.), 1997, Proceedings of the NCEER workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils, Salt Lake City, UT, National Center for Earthquake Engineering and Research Technical Report 97-0022, 276 p.

Youd, T. L.; Hansen, C. M.; Bartlett, S. F., (2002), "Revised multilinear regression equations for prediction of lateral spread displacement", ASCE J Geotech Geoenviron Eng 128:1007–1017.

Youd, T. L.; Idriss, I. M.; Andrus, R. D.; Arango, I.; Castro, G.; Christian, J. T.; Dobry, R.; Liam Finn, W. D.; Harder, L. F.; Jr Hynes, M. E.; Ishihara, K.; Koester, J.P.; Liao, S. S. C.; Marcuson, W. F. III; Martin, G. R.; Mitchell, J. K.; Moriwaki, Y.; Power, M. S.; Robertson, P. K.; Seed, R. B.; Stokoe, K. H. I. I., (2001), "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils", J Geotechn Geoenviron Eng, ASCE, 127:817–833.

CAPITOLO 5

Criteri e Obiettivi

5 Criteri e obiettivi

5.1 (U.D. 1) Sostenibilità della risorsa idrica

5.1.1 Funzionamento continuo e intermittente

La sostenibilità della risorsa idrica può essere definita come il rapporto tra i prelievi correnti e le risorse idriche rinnovabili disponibili o, in altre parole, come il rapporto tra il volume complessivo di acqua dolce, utilizzata per produrre cibo e servizi, consumata da una comunità di individui, rispetto al totale della risorse idriche rinnovabili. La sostenibilità della risorsa idrica denota la capacità di assicurare l'acqua necessaria per soddisfare la domanda idrica relativa alla produzione di beni e servizi in una determinata area.

Un sistema di approvvigionamento idrico pubblico non può assicurare un servizio adeguato all'utenza se non attraverso un approvvigionamento continuo di risorsa di buona qualità, che assicuri i requisisti da soddisfare per gli usi civili, in senso lato, e i quantitativi di acqua necessari per gli usi antincendio. Mantenere una fornitura continua e senza interruzioni di acqua per far fronte alla domanda locale è una delle sfide principali per molti gestori, a causa delle seguenti condizioni:

- siccità persistente
- domanda crescente a cui non si può far fronte tramite impianti di trattamento
- mancanza di adeguata capacità di accumulo
- condivisione delle stesse fonti di approvvigionamento (es. laghi o fiumi) tra più comunità locali
- il verificarsi di un incendio nelle aree commerciali o al limite tra le campagne e le aree urbane, che potrebbe esaurire l'offerta idrica
- perdite sotterranee non rilevate dalle tubazioni del sistema di distribuzione

Le amministrazioni locali devono riconoscere che la quantità di risorsa disponibile deve essere tale da soddisfare la domanda corrispondente al massimo consumo giornaliero in ogni momento, anche nei periodi di siccità o dopo anni di crescita della comunità. Il sistema di distribuzione dell'acqua deve essere esteso man mano che la comunità si espande.

Le interruzioni del servizio di distribuzione idropotabile, sia dovute a fonti di approvvigionamento intermittenti che risultanti da inefficienze tecniche ingegneristiche, rappresentano un fattore determinante relativo all'accesso e alla qualità dell'acqua potabile. L'analisi dei dati relativi alla continuità del servizio richiede di prendere in considerazione diversi elementi. La continuità può essere classificata come segue:

- servizio assicurato per tutto l'anno da una fonte di approvvigionamento affidabile, senza interruzioni di flusso ai rubinetti o alla fonte
- servizio assicurato per tutto l'anno con interruzioni frequenti (giornaliere o settimanali) le cui cause più comuni sono:
    - regimi di pompaggio limitati nei sistemi a pompaggio diretto, sia pianificati che dovuti ad interruzioni dell'energia o a rotture sporadiche
    - picchi di domanda che eccedono la capacità di trasporto delle condotte di adduzione o la capacità dei serbatoi
    - perdite eccessive lungo i sistemi di distribuzione
    - domanda eccessiva presso i punti di rifornimento pubblici
- variazioni stagionali del servizio dovuti a variazioni delle portate disponibili alla fonte, in genere dovuti a tre cause:
    - variazione naturale dei volumi disponibili alla fonte durante l'anno

    - limitazione dei volumi a causa della concorrenza con altri usi, come quello irriguo
    - periodi di forte torbidità, durante i quali l'acqua disponibile alla fonte potrebbe risultare non trattabile
- discontinuità frequente e stagionale, dovuta a cause plurime.

Questa classificazione riflette ampie categorie di continuità, le quali potrebbero influire sulle questioni igieniche in diversi modi. La discontinuità giornaliera o settimanale determina pressioni di fornitura basse e un conseguente rischio di contaminazione per infiltrazione nelle condutture. Altre conseguenze includono una disponibilità ridotta e l'utilizzo di volumi limitati, che si ripercuotono in maniera negativa sulle caratteristiche igieniche. Potrebbero risultare necessari ulteriori serbatoi domestici per l'accumulo dell'acqua e questo, a sua volta, potrebbe determinare un incremento del rischio di contaminazione durante il periodo di stoccaggio e conseguente gestione. La discontinuità stagionale spesso costringe al prelievo di acqua da fonti di approvvigionamento minori o più distanti. Come conseguenza, oltre alla qualità peggiore e alla quantità inferiore, ovviamente, si determinano tempi più lunghi per la raccolta e il convogliamento dell'acqua.

5.1.2 Interruzioni del servizio

Non c'è nessuna politica comune europea riguardante questioni come le interruzioni del servizio idrico nelle città. Di conseguenza questa questione rimane nelle mani delle organizzazioni e della società locali. Ovviamente, continue interruzioni nella fornitura del servizio idrico creano disagi e difficoltà tra gli utenti, che si possono tradurre in pressioni per il miglioramento del servizio e la realizzazione di nuovi interventi volti all'attivazione di nuove fonti di approvvigionamento.

5.1.3 Razionamento

Una politica più strutturata riguardo la distribuzione dell'acqua in condizioni (permanenti o ricorrenti) di scarsità idrica è la politica del razionamento. Questa politica viene comunemente applicata agli usi irrigui, ma molto raramente (e in condizioni estreme) alla distribuzione idropotabile.

5.2 (U.D. 2) Qualità dell'acqua

5.2.1 Requisiti di qualità

La qualità dell'acqua è determinata da fattori naturali e antropogenici che includono la struttura geologica e la mineralogia dei bacini idrici e degli acquiferi, il tempo di permanenza, le reazioni geochimiche che si verificano al contatto con i materiali costituenti l'acquifero così come il tipo di utilizzo del suolo.

I criteri di qualità dell'acqua possono essere definiti come dichiarazioni inerenti i livelli limite di concentrazione o del valore assunto da parametri di qualità fondamentali, stabiliti in base alla specifica destinazione d'uso dell'acqua. D'altra parte, gli standard di qualità dell'acqua possono essere definiti da atti regolamentari che riguardano sia i livelli limite di concentrazione che i valori dei parametri di qualità fondamentali, stabiliti dalle autorità competenti al fine di preservare o sottoporre a trattamento le risorse idriche per uno o più usi.

La Direttiva del Consiglio 98/83/CE, del 3 Novembre 1998, riguarda la qualità delle acque destinate al consumo umano. L'obiettivo di questa Direttiva è quello di proteggere la salute umana dagli effetti avversi di qualsiasi contaminazione delle acque destinate al consumo umano, assicurando che l'acqua sia adatta per l'uso potabile.

Ai fini della Direttiva, per "acque destinate al consumo umano" si intendono:

(a) tutte le acque trattate o non trattate, destinate a uso potabile, culinario o per la preparazione di cibi o per altri usi domestici, a prescindere dalla loro origine, siano esse fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, in bottiglie o in contenitori;
(b) tutte le acque utilizzate in un'impresa alimentare per la fabbricazione, il trattamento, la conservazione o l'immissione sul mercato di prodotti o sostanze destinate al consumo umano, escluse quelle la cui qualità - secondo quanto determinato dalle autorità nazionali competenti - non può avere conseguenze sulla salubrità del prodotto alimentare finale.

Ai fini dell'osservanza dei requisiti minimi previsti dalla Direttiva, le acque destinate al consumo umano sono adatte a tale scopo se:

(a) non contengono microrganismi e parassiti, né altre sostanze, in quantità o concentrazioni tali da rappresentare un potenziale pericolo per la salute umana; e
(b) soddisfano i requisiti minimi riportati in Appendice "Parametri e valori di parametro", Parte A: Parametri microbiologici, Parte B: Parametri chimici. Per quanto concerne i parametri riportati nella Parte C: Parametri indicatori, tali valori devono essere fissati solo a fini di controllo e per l'osservanza degli obblighi di cui all'articolo 8 della Direttiva.

La Direttiva della Commissione 2003/40/CE, del 16 Maggio 2003, stabilisce l'elenco dei componenti delle acque minerali naturali che possono presentare un rischio per la salute pubblica, i limiti relativi ai tenori ammissibili per questi componenti, i termini d'applicazione per tali limiti e le indicazioni di etichettatura per alcuni componenti. La conoscenza della concentrazione dei componenti è molto importante per definire la qualità dell'acqua. Questi componenti devono essere naturalmente presenti nell'acqua e non devono derivare da un'eventuale contaminazione antropogenica della fonte. La Direttiva definisce inoltre le condizioni di utilizzazione dell'aria arricchita di ozono per la separazione dei composti del ferro, del manganese, dello zolfo e dell'arsenico delle acque minerali naturali e delle acque sorgive, e l'indicazione dell'etichettatura che devono possedere le acque oggetto di questo trattamento. I componenti possono essere presenti allo stato naturale in alcune acque minerali naturali a seguito della loro origine idrogeologica e possono rappresentare un rischio per la salute pubblica se superano determinate concentrazioni. E' inoltre ritenuto necessario stabilire limiti di concentrazione per questi componenti nelle acque minerali naturali. Il trattamento con aria arricchita di ozono non dovrebbe modificare la composizione in termini di componenti caratteristiche, o avere un'azione disinfettante o provocare la formazione di residui di trattamento che possono presentare un rischio per la salute pubblica. Si veda la Tabella "Componenti naturalmente presenti nelle acque minerali naturali e limiti massimi il cui superamento può presentare un rischio per la sanità pubblica", in appendice.

Le acque minerali naturali la cui concentrazione di fluoro è superiore a 1,5 mg/l devono comportare la seguente indicazione di etichettatura «contiene più di 1,5 mg/l di fluoro: non ne è opportuno il consumo regolare da parte dei lattanti e dei bambini di età inferiore a 7 anni». L'etichettatura delle acque minerali naturali che sono oggetto di un trattamento con aria arricchita di ozono deve comprendere, in prossimità dell'indicazione della composizione analitica di componenti caratteristici, l'indicazione «acqua sottoposta a una tecnica di ossidazione autorizzata all'aria arricchita di ozono». Si veda la Tabella dell'Appendice "Limiti massimi per i

residui di trattamento delle acque minerali naturali e delle acque sorgive con aria arricchita di ozono".

5.2.2 Misurazioni della qualità e requisiti organizzativi

Le decisioni relative alla gestione delle risorse idriche sono supportate, tra gli altri criteri, dal set di dati inerenti la qualità dell'acqua forniti dai laboratori. Dati di scarsa qualità possono portare a decisioni errate, con gravi conseguenze economiche e sociali. I laboratori in cui sono analizzati i campioni devono essere dotati di un sistema di controllo analitico della qualità sottoposto di quando in quando al controllo di una persona indipendente dagli stessi e all'uopo autorizzata dall'autorità competente Le specifiche per l'analisi dei parametri sono riportate nell'Allegato III della Direttiva 98/83/CE del Consiglio.

Si deve effettuare un controllo regolare della qualità delle acque destinate al consumo umano, al fine di verificare se le acque messe a disposizione dei consumatori soddisfino i requisiti fissati dalla direttiva, in particolare i valori di parametro.

(i) Controllo di routine
Secondo la Direttiva 98/83/CE del Consiglio, il controllo di routine mira a fornire ad intervalli regolari informazioni sulla qualità organolettica e microbiologica delle acque fornite per il consumo umano nonché informazioni sull'efficacia degli eventuali trattamenti dell'acqua potabile (in particolare di disinfezione), per accertare se le acque destinate al consumo umano rispondano o no ai pertinenti valori di parametro fissati dalla Direttiva. Vanno sottoposti a controllo di routine i parametri di seguito elencati. Gli Stati membri possono, se lo ritengono opportuno, aggiungere ulteriori parametri all'elenco:

Alluminio (necessario solo se usato come flocculante, in tutti gli altri casi il parametro è contenuto nell'elenco relativo al controllo di verifica), Ammonio, Colore, Conduttività, Clostridium perfringens (spore comprese - necessario solo se usato come flocculante, in tutti gli altri casi il parametro è contenuto nell'elenco relativo al controllo di verifica), Escherichia coli (E. coli), Concentrazione ioni idrogeno, Ferro (necessario solo se usato come flocculante, in tutti gli altri casi il parametro è contenuto nell'elenco relativo al controllo di verifica), Nitriti (necessario solo se si utilizza la cloramina nel processo di disinfezione, in tutti gli altri casi il parametro è contenuto nell'elenco relativo al controllo di verifica), Odore, Pseudomonas aeruginosa (necessario solo per le acque vendute in bottiglie o in contenitori), Sapore, Conteggio delle colonie a 22 ℃ e 37 ℃ (necessario solo per le acq ue vendute in bottiglie o in contenitori), Batteri coliformi, Torbidità.

(ii) Controllo di verifica
Secondo la Direttiva 98/83/CE del Consiglio, il controllo di verifica mira a fornire le informazioni necessarie per accertare se tutti i valori di parametro contenuti nella Direttiva sono rispettati.

Il campionamento è definito come l'insieme delle operazioni, processi, o tecniche necessarie a selezionare una porzione adeguata di materiale, abbastanza piccola da poter essere trasportata agevolmente e usata in laboratorio, che rappresenti significativamente una parte dell'ambiente campionato. Le principali difficoltà nel campionamento sono la rappresentatività e l'integrità. I campioni dovrebbero essere raccolti in modo da essere rappresentativi della qualità dell'acqua consumata durante l'anno.

Per qualsiasi tipo di analisi dell'acqua, dovrebbe essere sviluppata una strategia di campionamento ben definita prima che abbia luogo il campionamento effettivo. La strategia è il programma che viene stabilito preventivamente per essere sicuri che il campione che viene utilizzato nelle attività di ricerca rappresenti la popolazione da cui lo stesso deriva. I metodi

utilizzati per il monitoraggio dei parametri tipo devono essere conformi agli standard internazionali elencati di seguito ovvero ad altre norme nazionali o internazionali che assicurino la fornitura di dati di qualità e comparabilità scientifica equivalente. In termini generali, queste linee guida specificano i principi da rispettare nella predisposizione dei programmi di campionamento, le tecniche di campionamento e la gestione dei diversi campioni inclusi nei programmi di monitoraggio dell'acqua (fiumi e torrenti, sedimenti marini, acque marine e acque di transizione). Queste linee guida si basano sulle tecniche di campionamento convenzionali e vengono utilizzate dalla maggior parte delle persone coinvolte nei programmi di monitoraggio dell'acqua. Ciascuna di queste linee guida è stata sviluppata per un particolare tipo di campione d'acqua e non può essere usata per gli altri.

ISO 5667-1:2006
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 1: Linee guida per la definizione dei programmi e delle tecniche di campionamento
La norma specifica i principi generali e fornisce le linee guida per la pianificazione dei programmi e delle tecniche di campionamento per tutti gli aspetti di campionamento delle acque (incluse acque di scarico, fanghi, effluenti e depositi di fondo).

ISO 5667-3:2003
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 3: Guida per la conservazione ed il maneggiamento di campioni d'acqua
La norma descrive le modalità di preparazione, stabilizzazione, trasporto e conservazione di campioni d'acqua destinati all'analisi di parametri chimici, radiochimici e biologici.

Queste linee guida sono particolarmente utili quando campioni istantanei o compositi non possono essere analizzati sul posto e devono essere trasportati in laboratorio per le analisi.

ISO 5667-4:1987
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 4: Guida per il campionamento da laghi naturali e artificiali
La norma presenta nel dettaglio i principi da applicare nella predisposizione di programmi, le tecniche e la gestione e conservazione dei campioni di acqua. Gli obiettivi principali sono le misurazioni di caratterizzazione della qualità, del controllo di qualità e per questioni specifiche. Gli esami microbiologici non vengono trattati.

ISO 5667-5:2006
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 5: Guida per il campionamento dell'acqua potabile da impianti di trattamento e sistemi di distribuzione
La norma stabilisce i principi da applicare alle tecniche di campionamento delle acque destinate al consumo umano. Ai fini della ISO 5667-5:2006, le acque destinate al consumo umano comprendono: tutte le acque trattate o non trattate, destinate a uso potabile, culinario o per la preparazione di cibi o per altri usi domestici, a prescindere dalla loro origine, più tutte le acque utilizzate in un'impresa per la fabbricazione, il trattamento, la conservazione o l'immissione sul mercato di prodotti o sostanze destinate al consumo umano, escluse quelle la cui qualità - secondo quanto determinato dalle autorità nazionali competenti - non può avere conseguenze sulla salubrità del prodotto alimentare finale. Le istruzioni fornite dalla ISO 5667-5:2006 sono limitate alle situazioni di prelievo da sistemi di distribuzione comunali o simili (inclusi i sistemi individuali) in cui, a seguito di un trattamento preventivo e/o di una valutazione della qualità, l'acqua è stata classificata come adatta per il consumo umano o per essere sottoposta a processi di potabilizzazione. Nello specifico, la norma è applicabile ai sistemi di approvvigionamento idrico a funzionamento continuo, in relazione a qualsiasi fase e fino al punto di consegna, compreso, nei sistemi di distribuzione. E' compresa la distribuzione all'interno dei grandi edifici, in cui potrebbe essere applicabile una ulteriore attività di gestione della qualità dell'acqua. La ISO 5667-5:2006 è applicabile anche alle necessità di campionamento che possono emergere relativamente ad indagini sui difetti del sistema o a

situazioni di emergenza, in cui la sicurezza delle operazioni di campionamento non è compromessa. La ISO 5667-5:2006 non fornisce istruzioni relativamente alle fonti di approvvigionamento o ai prodotti nel cui processo di preparazione si utilizza acqua potabile. Le seguenti situazioni sono esempi di casi non disciplinati dalla norma: il campionamento dell'acqua alla fonte, ad esempio dalle falde sotterranee e i bacini superficiali; il campionamento di acqua potabile proveniente da fonti di approvvigionamento non a funzionamento continuo (per esempio da autocisterne); il campionamento dei grandi accumuli di acqua su aerei, treni e navi; il campionamento di bevande (incluse le acque imbottigliate) o di cibi contenenti acqua potabile utilizzata nella loro preparazione; il campionamento di distributori automatici di bevande che offrono bevande non sigillate.

ISO 5667-6:2005
Qualità dell'acqua - Campionamento - parte 6: Guida al campionamento di fiumi e corsi d'acqua
La norma stabilisce i principi da applicare nella definizione di programmi di campionamento, nelle tecniche di campionamento e nella gestione di campioni di acqua provenienti da fiumi e corsi d'acqua per la valutazione chimica e fisica. Non è applicabile al campionamento delle acque di transizione o costiere ed ha una limitata applicabilità al campionamento microbiologico. Non è applicabile neanche all'esame dei sedimenti, dei solidi sospesi o del biota.

ISO 5667-11:2009
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 11: Guida per il campionamento delle acque sotterranee
La norma fornisce istruzioni riguardo il campionamento delle acque sotterranee. Essa informa l'utilizzatore circa le considerazioni necessarie nella pianificazione e nello svolgimento di campionamenti delle acque sotterranee per rilevare la qualità dell'approvvigionamento idrico sotterraneo, per individuarne e valutarne l'eventuale contaminazione e per assistere nella gestione, protezione e risanamento delle risorse idriche sotterranee. La ISO 5667-11:2009 non si applica ai campionamenti relativi al controllo operativo giornaliero delle captazioni da acque sotterranee a scopo potabile. La guida fa riferimento al campionamento delle acque sotterranee estratte sia dalla zona saturata (sotto il livello di falda) che dalla zona insatura (al di sopra del livello piezometrico).

ISO 5667-14:1998
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 14: Guida al controllo di qualità nel campionamento e nella gestione delle risorse idriche ambientali

ISO 5667-20:2008
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 20: Guida all'utilizzo dei dai di campionamento nei processi decisionali – Rispetto dei limiti e sistemi di classificazione
La norma stabilisce i principi, i requisiti fondamentali e i metodi illustrativi relativi all'uso dei dati di campionamento nell'ambito dei processi decisionali basati sulla valutazione del grado di confidenza nello stabilire che la qualità dell'acqua: soddisfi i requisiti e sia conforme ai limiti, sia cambiata, e/o corrisponda ad un particolare livello in un sistema di classificazione.
La ISO 5667-20:2008 specifica anche i metodi relativi agli esami preliminari riguardo la sensibilità delle decisioni ad errori e incertezza, sebbene non copra l'intera gamma delle tecniche statistiche. Essa fornisce suggerimenti generali in merito all'adozione di decisioni collegate alla fissazione di limiti per esprimere soglie e obiettivi ed alla tipologia e il dimensionamento dei programmi di campionamento.

ISO 5667-21:2010
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 21: Guida al campionamento dell'acqua potabile distribuita da cisterne o mezzi diversi dalle condotte di distribuzione
La norma stabilisce i principi da applicare alle tecniche di campionamento dell'acqua fornita per l'uso potabile e per la preparazione di cibi e bevande. Le istruzioni fornite dalla ISO 5667-21:2010 sono in genere limitate alle situazioni di prelievo da sistemi di captazione, trattamento o

distribuzione comunali o simili, pubblici o privati, per i quali, a seguito di un trattamento preventivo e/o di una valutazione della qualità, l'acqua è stata classificata come adatta per il consumo umano o per essere sottoposta a processi di potabilizzazione. Nello specifico, la norma è applicabile all'acqua che è fornita da cisterne o altri sistemi di accumulo non facenti parte di, né connessi ad un sistema di condutture, in ogni fase e fino al punto di consegna, o di trasferimento in un sistema di condutture, incluso. La ISO 5667-21:2010 è applicabile anche alla distribuzione e agli accumuli di acqua su velivoli, camion, treni, navi e altri natanti e veicoli, così come alle situazioni di campionamento che possono occorrere durante indagini sui difetti del sistema, l'avvio di nuovi sistemi, il riavvio di sistemi che non sono stati utilizzati per lunghi periodi o situazioni di emergenza, in cui la sicurezza delle operazioni di campionamento non è compromessa. La ISO 5667-21:2010 non fornisce istruzioni su: a) il campionamento dell'acqua alla fonte, ad esempio dalle falde sotterrane e i bacini superficiali; b) il campionamento delle forniture di acqua potabile derivante da sistemi di condotte connessi, coperti dalla ISO 5667-5; c) Il campionamento di bevande (incluse le acque imbottigliate) o di cibi contenenti acqua potabile utilizzata nella loro preparazione; d) il campionamento di distributori automatici di bevande.

ISO 5667-22:2010
Qualità dell'acqua - Campionamento - Parte 22: guida alla progettazione e all'installazione di punti di monitoraggio delle acque sotterrane
La norma fornisce istruzioni per la progettazione, la predisposizione e l'installazione di punti di monitoraggio della qualità delle acque sotterranee, allo scopo di garantire che vengano ottenuti dei campioni rappresentativi. Nella guida si fa riferimento a: a) l'impatto dei materiali dell'installazione sull'ambiente; b) l'impatto dell'installazione sull'integrità dei campioni; c) l'impatto dell'ambiente sull'installazione e sui materiali utilizzati nella sua realizzazione.

Queste linee guida permettono di considerare e di tenere conto degli impatti inerenti la progettazione di un programma di campionamento delle acque sotterrane. Esse permettono anche una valutazione documentata dei dati e dei risultati ottenuti da installazioni esistenti, la realizzazione delle quali potrebbe potenzialmente avere un impatto sull'integrità dei campioni.

Queste linee guida sono destinate alle installazioni e al monitoraggio in diversi ambienti, inclusi quelli in cui le caratteristiche circostanti o alla base della falda acquifera sono stabilite e monitorate e quelli in cui gli impatti della contaminazione sono oggetto di indagine.

EN 27828:1994
Qualità dell'acqua - Metodi di campionamento biologico – Guida al campionamento di macro-invertebrati bentonici mediante retino manuale

EN 28265:1994
Qualità dell'acqua - Metodi di campionamento biologico - Guida alla progettazione e utilizzo di campionatori quantitativi di macroinvertebrati bentonici dei substrati rocciosi in acque dolci poco profonde

EN ISO 9391:1995
Qualità dell'acqua - Campionamento in acque profonde di macroinvertebrati - Guida all'utilizzo di campionatori di colonizzazione, qualità e quantità

EN ISO 8689-1:1999
Classificazione biologica dei fiumi PARTE I: Guida all'interpretazione dei dati sulla qualità biologica risultanti da indagini su macroinvertebrati bentonici in acqua corrente

EN ISO 8689-2:1999

Classificazione biologica dei fiumi PARTE II: guida alla presentazione dei dati sulla qualità biologica risultanti da indagini su macroinvertebrati bentonici in acqua corrente

Possono essere definite quattro tipologie di campione, vale a dire rappresentativo, selettivo, casuale o composito (Quevauviller, 2002).

(i) Un *campione rappresentativo* è un tipico campione del mezzo da caratterizzare. Si possono definire quattro tipi di campione rappresentativo:

- Omogeneo, per esempio un campione di acqua filtrato
- Eterogeneo, per esempio un campione di acqua reflua non filtrato
- Statico (di un mezzo stabile nello spazio e nel tempo), es. acque di lago
- Dinamico (mezzo che cambia nel tempo), es. acque di transizione

(ii) Un *campione selettivo* è un campione volutamente selezionato in base a un piano di campionamento, che analizza zone con determinate caratteristiche.

(iii) Un *campione causale* è quello scelto in maniera casuale, per eliminare problemi di parzialità nella scelta e/o fornire la base per un'interpretazione statistica dei dati di misurazione. Si possono definire tre tipi di campione casuale:

- Campionamento casuale semplice. Qualsiasi campione ha la stessa possibilità di essere scelto.
- Campionamento casuale stratificato. La colonna d'acqua viene suddivisa in strati e viene estratto un campione casuale semplice da ciascuno strato.
- Campionamento sistematico. Il primo campione viene scelto a caso, mentre i campioni successivi vengono prelevati secondo uno schema predefinito, ad esempio in base ad una griglia appropriata.

(iv) Un *campione composito* consente una riduzione dei costi di analisi di un gran numero di campioni puntuali. Un campione composito è costituito da diverse porzioni (due o più) rappresentative di un dato mezzo o di una certa zona, che vengono raccolte contemporaneamente e poi mescolate.

Un sottocampione è una porzione di un campione che viene preparata in modo che la concentrazione nella stessa porzione possa essere ritenuta equivalente a quella del campione originale. Un campione di laboratorio potrebbe essere un sottocampione.

La posizione del campionamento è importante nella strategia di campionamento dell'acqua. Il sito di campionamento dovrebbe rappresentare l'ambiente che si sta studiando. Un numero maggiore di siti fornirà sempre più informazioni rispetto a un numero inferiore. Salvo diversa indicazione, la collocazione dei punti di campionamento deve essere, per quanto possibile, rappresentativa dell'acqua potabile erogata dal fornitore. Per ottenere questo, il fornitore dell'acqua può stabilire più punti di campionamento, con dispositivi per la prevenzione del reflusso dove necessario. I punti di campionamento possono includere rubinetti o dispositivi collegati alla rete di distribuzione idrica, i sistemi di tubazioni nelle vicinanze dei punti di consegna dell'acqua, i punti di immissione nei sistemi di distribuzione e le zone in cui l'acqua potabile è rappresentativa della sua fonte (o fonti se esse sono combinate) dopo il trattamento.

La frequenza di campionamento è un fattore importante in termini di rappresentatività. Una bassa frequenza di campionamento potrebbe sottostimare la presenza occasionale di campioni con alte concentrazioni di un analita. La frequenza minima di campionamento e analisi per le acque destinate al consumo umano fornite da una rete di distribuzione, da cisterne, o utilizzate nelle imprese alimentari, secondo la Direttiva 98/83/CE del Consiglio, viene riepilogata nella tabella riportata di seguito. Gli Stati membri devono prelevare campioni nei punti in cui i valori devono essere rispettati ai sensi dell'articolo 6, comma 1, al fine di garantire che le acque

destinate al consumo umano soddisfino i requisiti della Direttiva. Tuttavia, nel caso di una rete di distribuzione, ogni Stato membro può prelevare campioni nella zona di approvvigionamento o presso gli impianti di trattamento per particolari parametri se si può dimostrare che il valore ottenuto per i parametri in questione non sarebbe modificato negativamente.

Tabella 5.1. *Frequenza minima di campionamento per le acque fornite da una rete di distribuzione*

Volume d'acqua distribuito o prodotto ogni giorno in una zona di approvvigionamento (Note 1 e 2) **m³**	**Controllo di routine - Numero di campioni all'anno** (Note 3, 4 e 5)	**Controllo di verifica - Numero di campioni all'anno** (Note 3 e 5)
V ≤ 100	(Nota 6)	(Nota 6)
100 < V ≤ 1 000	4	1
1 000 <V ≤ 10 000	4 + 3 ogni 1 000 m³/g del volume totale e frazione di 1 000	1 + 1 ogni 3 300 m³/g del volume totale e frazione di 3 300
10 000 <V ≤ 100 000		3 + 1 ogni 10 000 m³/g del volume totale e frazione di 1 000
V > 100 000		10 + 1 ogni 25 000 m³/g del volume totale e frazione di 10 000

Nota 1: Una zona di approvvigionamento e` una zona geograficamente definita all'interno della quale le acque destinate al consumo umano provengono da una o varie fonti e la loro qualità può essere considerata sostanzialmente uniforme.

Nota 2: I volumi calcolati rappresentano una media su un anno civile. Per determinare la frequenza minima uno Stato membro può basarsi sul numero di abitanti in una zona di approvvigionamento invece che sul volume d'acqua, supponendo un consumo di 200 l pro capite al giorno.

Nota 3: Nel caso di approvvigionamento intermittente di breve durata, la frequenza del controllo delle acque distribuite con cisterna deve essere stabilita dallo Stato membro interessato.

Nota 4: Per i differenti parametri di cui all'allegato I, uno Stato membro può ridurre il numero dei campioni indicato nella tabella se:

a) i valori dei risultati dei campioni prelevati in un periodo di almeno due anni consecutivi sono costanti e significativamente migliori dei limiti previsti dall'allegato I e
b) non esiste alcun fattore capace di diminuire la qualità dell'acqua.

La frequenza minima non deve essere inferiore al 50 % del numero di campioni indicato nella tabella, salvo il caso specifico di cui alla nota 6.

Nota 5: Nella misura del possibile, il numero di campioni deve essere equamente distribuito in termini di tempo e luogo.

Nota 6: La frequenza deve essere stabilita dallo Stato membro interessato.

La frequenza minima di campionamento e analisi per le acque confezionate in bottiglie o contenitori e destinate alla vendita è indicata nella tabella seguente.

Tabella 5.2. *Frequenza minima di campionamento per le acque confezionate in bottiglie o contenitori*

Volume d'acqua prodotto ogni giorno (*) messo in vendita in bottiglie o contenitori **m³**	**Controllo di routine - Numero di campioni all'anno**	**Controllo di verifica - Numero di campioni all'anno**
V ≤ 10	1	1
10 < V ≤ 60	12	1
V > 60	1 ogni 5 m³ del volume totale e frazione di 5	1 ogni 100 m³ del volume totale e frazione di 100

(*) I volumi calcolati rappresentano una media su un anno civile.

Una delle principali difficoltà nel campionamento è la preservazione del campione. La composizione iniziale del campione deve essere mantenuta dal momento del campionamento fino a quello dell'analisi. In caso contrario, i risultati finali non rifletteranno le condizioni iniziali. Per tutto ciò, la gestione e la conservazione dei campioni raccolti è di cruciale importanza nel processo di campionamento.

Di particolare importanza nel campionamento è la natura dei contenitori per i campioni. Il materiale deve essere resistente alle condizioni di conservazione e non deve interagire con gli analiti altrimenti si potrebbe verificare una contaminazione del campione o una perdita di analiti. L'influenza del contenitore aumenta al diminuire dei livelli di concentrazione. Ci sono diversi materiali disponibili: vetro (non per elementi in traccia, eccetto il mercurio, in quanto è molto fragile e pesante da trasportare), plastica (il polietilene potrebbe reagire con i solventi organici e non è adatto per i pesticidi) e il politetrafluoroetilene (teflon).

5.3 (U.D. 3) Fabbisogni energetici

5.3.1 Consumi energetici

La produzione, i processi di trattamento, la distribuzione e l'utilizzo finale dell'acqua richiedono energia per il pompaggio, il convogliamento, il trattamento dell'acqua grezza e la desalinizzazione. Sotto sono forniti i fabbisogni energetici dei processi di desalinizzazione (vedi capitolo 1, paragrafo 1.4.3).

Con le specifiche di processo note, è teoricamente possibile calcolare lo sforzo o l'energia minima necessaria per la separazione dell'acqua pura dall'acqua salata. Per il processo reale, tuttavia, il dispendio energetico effettivamente richiesto è probabilmente molte volte superiore rispetto al minimo teoricamente possibile. Ciò deriva dal fatto che il grosso dell'energia richiesta serve a mantenere il processo ad una certa velocità piuttosto che per ottenere la separazione. Il minimo sforzo necessario è uguale alla differenza nell'energia libera tra l'alimentazione in ingresso (cioè l'acqua di mare) e il flusso in uscita (cioè l'acqua prodotta e la salamoia di scarico). Per la normale acqua di mare (3,45 % di salinità) ad una temperatura di 25° C, per normali efficienze di processo il dispendio energetico minimo è stato calcolato pari a circa 0,86 kWh/m³. La tabella 5.3 presenta il confronto desiderato.

Tabella 5.3. *Fabbisogni energetici per quattro processi industriali di desalinizzazione*

	MSF	MED-TVC	MED	MVC	RO
Dimensione tipica dell'unità in $m^3 d^{-1}$	50.000-70.000	10.000-35.000	5.000-15.000	100-2.500	24.000
Consumo di energia elettrica in kWh m^{-3}	4 - 6	1,5 - 2,5	1,5 – 2,5	7 - 12	3 – 5,5
Consumo di energia termica in kJ m^{-3}	da 190 (GOR=12.2) a 390 (GOR =6)	da 145 (GOR=16) a 390 (GOR =6) #1	da 230 (GOR =10) a 390 (GOR =6)	Nessuno	Nessuno
Equivalente elettrico #2 per l'energia termica in kWh m^{-3}	#3 9,5 - 19,5	#4 9,5 - 25,5	#5 5 - 8,5	Nessuno	Nessuno
Consumo totale di energia equivalente in kWh m^{-3}	13,5 - 25,5	11 – 28	6,5 - 11	7 - 12	3 - 3,5 (Fino a 7 per la rimozione del Boro)

GOR: Gain Output Ratio (rendimento di distillazione)
#1 Il valore più basso si applica solo se l'energia termica è molto costosa, es. in combinazione con l'energia solare.
#2 L'equivalente elettrico è quell'energia elettrica che non può essere prodotta in una turbine a causa dell'estrazione del vapore.
#3 Assumendo che la pressione nel condensatore di una grande turbina a vapore commerciale sia tenuta a 0,1 bar ad una temperatura dell'acqua di mare di 35°C e la pr essione di estrazione del vapore sia circa 3,5 bar (perdita di 475 kJ/kg di vapore)
#4 Assumendo che la pressione nel condensatore di una grande turbina a vapore commerciale sia tenuta a 0,1 bar ad una temperatura dell'acqua di mare di 35°C e la pr essione di estrazione del vapore sia circa 15 bar (perdita di 737 kJ/kg di vapore)
#5 Assumendo che la pressione nel condensatore di una grande turbina a vapore commerciale sia tenuta a 0,1 bar ad una temperatura dell'acqua di mare di 35°C e la pr essione di estrazione del vapore sia circa 0,5 bar (perdita di 258 kJ/kg di vapore)
Nota: In questo caso, il GOR include il rapporto vapore/calore per un sistema sottovuoto

Non ci sono impedimenti tecnici rilevanti alla desalinizzazione come mezzo per garantire un approvvigionamento illimitato di acqua potabile, ma gli elevati fabbisogni energetici di questo processo rappresentano una sfida importante. Teoricamente servono circa 0,86 kWh di energia per dissalare 1 m3 di acqua salata (34 500 ppm). Ciò equivale a 3 kJ kg-1. Gli impianti di desalinizzazione oggi in funzione presentano un consumo energetico da 5 a 26 volte maggiore del minimo teorico, in funzione del tipo di processo utilizzato. Chiaramente, è necessario rendere i processi di desalinizzazione quanto più efficienti possibile, dal punto di vista energetico, attraverso miglioramenti nelle tecnologie utilizzate ed economie di scala.
Oltre che per la desalinizzazione, l'energia è necessaria nelle stazioni di pompaggio e, in generale, per qualsiasi modalità impiegata per incrementare il carico piezometrico nelle diverse sezioni delle reti di distribuzione. I consumi energetici delle stazioni di pompaggio possono rappresentare una percentuale rilevante dei costi operativi annui. Di conseguenza è necessario tenere sotto controllo il funzionamento e gestire con attenzione le stazioni di pompaggio. I costi annuali relativi ai consumi energetici (C) sono calcolati con la seguente equazione:

$$C = N \cdot \frac{9.81 \cdot Q \cdot H}{n} \cdot p \quad (€/y) \qquad (5.1)$$

in cui: *N* è il numero di ore di funzionamento all'anno
p è il prezzo di ogni kWh (€/kWh)
Q è la portata (m^3/s)
H è la prevalenza manometrica (m)
n è il coefficiente di rendimento globale della stazione di pompaggio (÷)

5.3.2 Monitoraggio dei consumi energetici

A causa della rilevanza dei costi dell'energia, in rapporto al totale dei costi operativi, per i sistemi a pompaggio, è necessario un monitoraggio sistematico per razionalizzare il funzionamento di ciascuno di questi sistemi.

L'analisi dei dati di consumo energetico, ottenuti grazie ad un monitoraggio continuo, può assistere nel funzionamento ottimale dei sistemi a pompaggio e nelle strategie di regolazione della pressione, finalizzate a migliorare efficienza ed affidabilità del sistema.

5.3.3 Fonti di energia alternative

La Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio (23 Aprile 2009, Direttiva Rinnovabili) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, stabilisce un quadro comune sulla promozione dell'energia da fonti rinnovabili. Essa
fissa obiettivi nazionali obbligatori per la quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e per la quota di energia da fonti rinnovabili sul fabbisogno totale. Detta norme relative ai trasferimenti statistici tra gli Stati membri, ai progetti comuni tra gli Stati membri e con i paesi terzi, alle garanzie di origine, alle procedure amministrative, all'informazione e alla formazione nonché all'accesso alla rete elettrica per l'energia da fonti rinnovabili. Fissa criteri di sostenibilità per i biocarburanti e i bioliquidi. Ai fini della Direttiva, si applicano le seguenti definizioni:

- *"energia da fonti rinnovabili":* energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas;
- *"energia aerotermica":* energia immagazzinata sotto forma di calore nell'aria ambiente;
- *"energia geotermica":* energia immagazzinata sotto forma di calore sotto la crosta terrestre;
- *"energia idrotermica":* energia immagazzinata sotto forma di calore nelle acque superficiali;
- *"biomassa":* frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani;
- *"bioliquidi":* combustibili liquidi per scopi energetici diversi dal trasporto, compresi l'elettricità, il riscaldamento ed il raffreddamento, prodotti a partire dalla biomassa;
- *"biocarburanti":* carburanti liquidi o gassosi per i trasporti ricavati dalla biomassa.

Il controllo del consumo di energia europeo e il maggiore ricorso all'energia da fonti rinnovabili, congiuntamente ai risparmi energetici e ad un aumento dell'efficienza energetica, costituiscono parti importanti del pacchetto di misure necessarie per ridurre le emissioni di gas a effetto serra.
Come stabilito dall'Articolo 3 della Direttiva, tali obiettivi nazionali generali obbligatori sono coerenti con l'obiettivo di una quota pari almeno al 20% di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia della Comunità nel 2020.

Ogni Stato membro deve adottare un Piano di Azione Nazionale per le energie rinnovabili (PAN, o NREAP: National Renewable Energy Action Plan). I piani di azione nazionali per le energie rinnovabili fissano gli obiettivi nazionali degli Stati membri per la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel settore dei trasporti, dell'elettricità e del riscaldamento e raffreddamento nel 2020, tenendo conto degli effetti di altre misure politiche relative all'efficienza energetica sul consumo finale di energia, e le misure appropriate da adottare per raggiungere detti obiettivi nazionali generali, ivi compresi la cooperazione tra autorità locali, regionali e nazionali, i trasferimenti statistici o i progetti comuni pianificati, le politiche nazionali per lo

sviluppo delle risorse della biomassa esistenti e per lo sfruttamento di nuove risorse della biomassa per usi diversi, nonché le misure da adottare per ottemperare alla prescrizioni di cui agli articoli da 13 a 19 della Direttiva.

L'Allegato I della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili è composto da due parti. La Parte A specifica gli obiettivi nazionali generali per la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale di energia nel 2020 e un valore di riferimento per l'anno 2005. La Parte B definisce, attraverso delle formule, una traiettoria indicativa per ogni Stato membro, la cui quota deve essere eguagliata o superata negli anni di riferimento specificati. Come menzionato, in base all'Articolo 3 della Direttiva, tali obiettivi nazionali generali obbligatori sono coerenti con l'obiettivo di una quota pari almeno al 20% di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia della Comunità nel 2020.

La Tabella 5.4 mette a confronto i dati relativi al 2005 e al 2020, indicati nell'Allegato I della Direttiva, con i valori tratti dai PAN. Sia i valori riferiti al 2005 che al 2020 possono variare; i primi a causa di problemi nel riprodurre il valore storico e i secondi, per esempio, per il mancato raggiungimento o il superamento degli obiettivi. I dati della Tabella 5.4 sono mostrati graficamente nella Figura 5.1.

Tabella 5.4. *Quote di energia rinnovabile in base all'Allegato I della Direttiva 2009/28/CE e ai NREAP*

	2005		2020	
	Obiettivo [%]	**NREAP [%]**	**Obiettivo [%]**	**NREAP [%]**
Belgio	2.2	n.d.	13.0	n.d.
Bulgaria	9.4	9.3	16.0	16.0
Repubblica ceca	6.1	6.1	13.0	13.5
Danimarca	17.0	16.5	30.0	30.0
Germania	5.8	6.5	18.0	19.6
Estonia	18.0	n.d.	25.0	n.d.
Irlanda	3.1	3.1	16.0	16.0
Grecia	6.9	7.0	18.0	18.0
Spagna	8.7	8.3	20.0	22.7
Francia	10.3	9.6	23.0	23.0
Italia	5.2	4.9	17.0	17.0
Cipro	2.9	2.9	13.0	13.0
Lettonia	32.6	n.d.	40.0	n.d.
Lituania	15.0	15.0	23.0	24.0
Lussemburgo	0.9	0.9	11.0	11.0
Ungheria	4.3	n.d.	13.0	n.d.
Malta	0.0	n.d.	10.0	10.2
Paesi Bassi	2.4	2.5	14.0	14.5
Austria	23.3	24.4	34.0	34.2
Polonia	7.2	n.d.	15.0	n.d.
Portogallo	20.5	19.8	31.0	31.0
Romania	17.8	17.9	24.0	24.0
Slovenia	16.0	16.2	25.0	25.3
Slovacchia	6.7	n.d.	14.0	n.d.
Finlandia	28.5	28.8	38.0	38.0
Svezia	39.8	39.7	49.0	50.2
Regno Unito	1.3	1.4	15.0	15.0

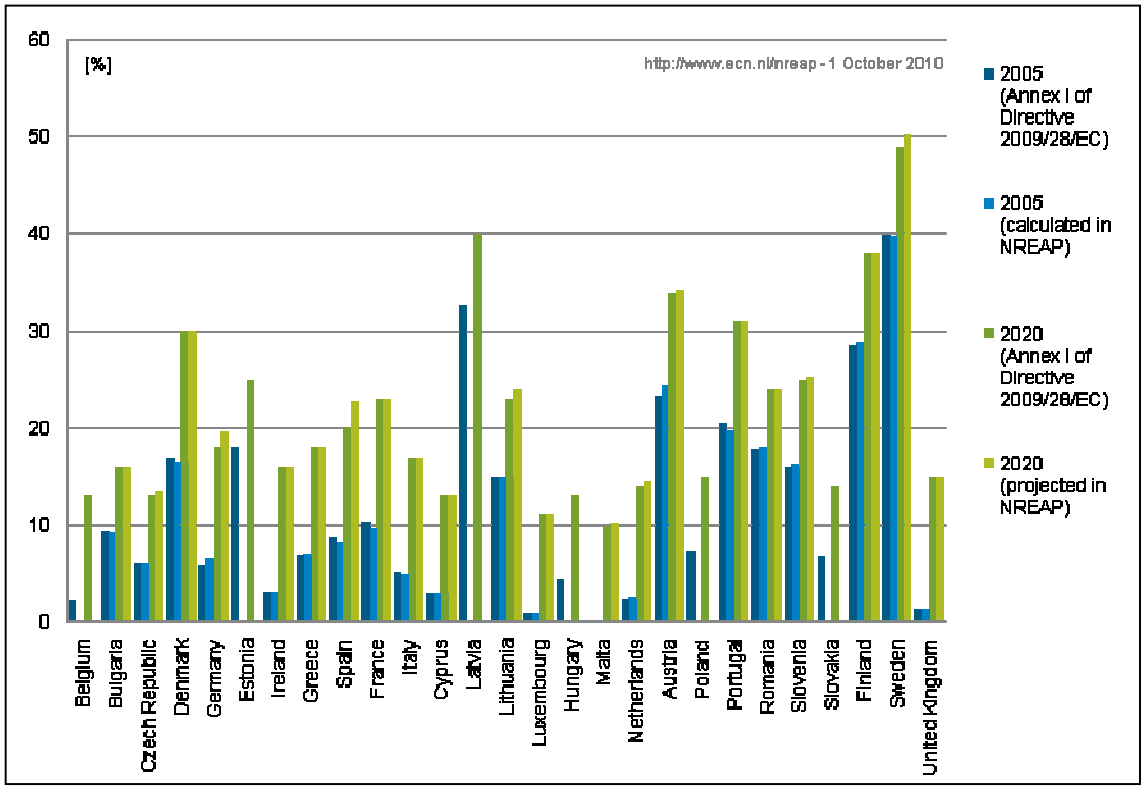


Figura 5.1. *Rappresentazione grafica delle quote di energia rinnovabile*

5.3.4 Linee guida per il risparmio energetico

La Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 5 Aprile 2006, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, definisce il “risparmio energetico” come la quantità di energia risparmiata, determinata mediante una misurazione e/o una stima del consumo prima e dopo l'attuazione di una o più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico.

Gli orientamenti fondamentali per il risparmio energetico sono brevemente riepilogati di seguito:

- Stabilire e mantenere un monitoraggio continuo dei consumi energetici;
- Stabilire le condizioni di riferimento e i possibili obiettivi, per orizzonte temporale;
- Formulare un Programma di Misure, con il fine di ridurre i consumi energetici;
- Analizzare statisticamente i dati del sistema di monitoraggio;
- Valutare l’efficacia delle misure prese in considerazione;
- Trarre le conclusioni in merito ad azioni e pratiche.

5.4 (U.D. 4) Affidabilità

Qualsiasi sistema di distribuzione dell’acqua è soggetto a molti fattori di sollecitazione. La forza, o resistenza, di tale di sistema sta nella sua capacità di svolgere la funzione attribuita in modo soddisfacente, senza interruzioni, mentre è sottoposto a carichi, o domanda o sollecitazioni esterne. L’analisi di affidabilità può essere applicata a molti tipi di problemi ingegneristici. L’affidabilità è la probabilità di sicurezza, che il carico non ecceda la resistenza. Il mancato funzionamento (*failure*) può essere classificato come cedimento strutturale o mancata prestazione. Una pratica comune per la misura dell’affidabilità è il tempo di ritorno o l’intervallo di ricorrenza. Tra le alter modalità di misura dell’affidabilità, due usate di frequente sono: il margine di sicurezza, definito come differenza tra la resistenza e il carico previsto e il fattore di sicurezza, definito come rapporto tra resistenza e carico. Molti sistemi comprendono diversi sottosistemi, le cui prestazioni influiscono sulla prestazione del sistema nel suo complesso. L’affidabilità dell’intero sistema dipende non solo dall’affidabilità dei singoli sottosistemi e componenti, ma anche dall’interazione e dalla configurazione dei sottosistemi e componenti. Nessun sistema è completamente affidabile.

Le considerazioni riguardo l’affidabilità dei sistemi di distribuzione idrica sono una parte integrante di tutte le decisioni che riguardano le fasi di pianificazione, progettazione e funzionamento. Uno dei problemi principali nell’analisi di affidabilità dei sistemi di distribuzione idrica è definire misure di affidabilità che siano significative ed appropriate, pur rimanendo di facile determinazione. Una ricerca bibliografica rivela che non esiste una misura unica, universalmente riconosciuta, per l’affidabilità dei sistemi di distribuzione idrica. Ciò è dovuto al fatto che l’analisi di affidabilità necessita di misure dell’affidabilità che siano contemporaneamente significative ed appropriate, pur rimanendo di facile determinazione – caratteristica che dipende dal sistema. La valutazione dell’affidabilità di un sistema di distribuzione idrica complesso è, generalmente, difficoltosa. Per alcuni sistemi è possibile combinare i componenti in gruppi, mentre per altri è necessario sviluppare speciali tecniche. Un riferimento eccellente, che riassume i metodi per la valutazione dell’affidabilità dei sistemi di distribuzione, è stato pubblicato dall’ASCE (Mays, 1988).

L’affidabilità è un attributo proprio di qualsiasi sistema, che si riferisce alla sua capacità di svolgere una funzione in maniera adeguata, sotto determinate condizioni ambientali, per un intervallo di tempo stabilito. In ogni sistema, eventi indesiderati, cioè avarie (*failures*), possono causare un peggioramento delle prestazioni o interruzioni nel funzionamento del sistema. Le

avarie sono di natura casuale e sono il risultato di eventi imprevedibili che si verificano nel sistema stesso e/o nelle condizioni ambientali circostanti.

L'affidabilità di un sistema di approvvigionamento idrico può essere definita in termini di carenze risultanti dal mancato funzionamento dei componenti di un sistema. Un fattore di affidabilità nei confronti di una singola avaria o per un determinato periodo di tempo può essere definito in termini di capacità persa durante l'avaria, che viene misurata come frazione della domanda in termini di portata o di volume. Essendo la perdita di capacità una variabile casuale, lo è anche il fattore di affidabilità. L'affidabilità, definita come probabilità che venga garantito un certo fattore di affidabilità, può essere accresciuta aggiungendo impianti, accumuli, capacità di pompaggio, tubazioni (Shamir and Howard. 1981). L'affidabilità di un sistema di distribuzione idrica è definita come la probabilità di soddisfare la domanda ai nodi e i carichi piezometrici in diverse possibili situazioni di avaria nel sistema di distribuzione idrica (Mays, 1988). Una definizione simile di affidabilità di un sistema di distribuzione idrica è: la capacità di un sistema di distribuzione di far fronte alla domanda che lo caratterizza, in cui la domanda è specificata in termini di portate da assicurare e intervallo di pressioni a cui queste portate devono essere forniti, e la capacità del sistema di fornire un servizio con un livello accettabile di interruzioni nonostante si possano verificare condizioni anomale (Cullinane et al. 1992).

L'affidabilità dell'approvvigionamento idrico è caratterizzata dalla frazione di anni con assenza di guasti nel periodo di riferimento. Sebbene questa frazione, detta certezza, tenda ad un valore costante all'aumentare della durata del periodo (nel caso di un serbatoio finito e processi stazionari di ingresso e uscita), essa varia considerevolmente nel breve periodo.

L'affidabilità del sistema, come le sue robustezza e flessibilità, ha un effetto sulla capacità di recupero dei costi. La gestione e la pianificazione delle attività hanno un ruolo importante nell'assicurare l'affidabilità.

L'affidabilità non deve esser confusa con il rischio. Il rischio riguarda la probabilità di accadimento degli eventi e gli impatti di questi eventi, mentre l'affidabilità descrive come un sistema risponde o reagisce agli eventi.

Non c'è uno standard accettato a livello generale riguardo quali siano da considerare livelli accettabili di affidabilità, né metodi per calcolarla, in particolare se si considera l'intera gamma di fattori probabilistici che concorrono all'affidabilità.

5.5 (U.D. 5) Robustezza

Quattro elementi possono essere considerate importanti per la fornitura di acqua potabile di buona qualità. Essi sono: fonte protetta, trattamento adeguato, distribuzione sicura e monitoraggio continuo e risposta appropriata a risultati di monitoraggio negativi. Un sistema idropotabile deve essere il più robusto possibile, per ciascuno degli elementi sopra menzionati. Un sistema è più robusto di un altro se funziona relativamente bene quando le condizioni sono diverse da quelle ideali. Ogni azienda idrica deve raggiungere almeno due obiettivi: minimizzare il rischio di deficit idrico e minimizzare il costo dell'acqua per i consumatori.

La robustezza di un sistema di distribuzione idropotabile può essere generalmente definita come la capacità del sistema di adattare il suo funzionamento per far fronte ai cambiamenti rispetto alle condizioni di progetto.
La robustezza può anche essere definita come una resistenza al danneggiamento provocato da qualunque causa intenzionale o accidentale (es. temperature estreme, umidità o siccità, atti vandalici, uso improprio, mancata comprensione della tecnologia, riparazioni non qualificate, ecc.), o come la capacità di un sistema di mantenere le proprie prestazioni anche se sottoposto

a perturbazioni interne o esterne. Negli anni sono state pubblicate molte altre definizioni: (a) Hashimoto et al. (1982) definivano la robustezza del sistema come l'abilità del sistema di regolare la sua configurazione finale o le prassi operative alle condizioni reali, man mano che esse evolvono, così che il costo opportunità di una scelta iniziale errata riguardo l'evoluzione della domanda futura sia ridotto. Questa definizione di robustezza è simile alla definizione di flessibilità economica fornita da Stigler (1939), secondo il quale essa è la capacità di un sistema di adattarsi ad una vasta gamma di possibili condizioni di domanda a bassi costi aggiuntivi. Potrebbe non essere appropriato, tuttavia, definire la robustezza di un sistema, in particolare per quanto riguarda gli investimenti sulle risorse idriche, che nella maggior parte dei casi sono investimenti pubblici, in termini di sensibilità dei costi del sistema. Probabilmente, è più appropriato definirla in termini della sensibilità delle prestazioni del sistema nel raggiungere gli obiettivi di pianificazione dell'investimento pubblico (massimizzazione dei benefici netti, redistribuzione del reddito, equità, ecc.). (b) Fiering e Holling (1974) e Matalas e Fiering (1977) definivano la robustezza del sistema come la capacità, se si verifica un evento inaspettato, che le decisioni prese (i parametri di progettazione ottimale) abbiano un'alta probabilità di essere corrette o almeno abbastanza buone. Ma, come indicato da Hashimoto, Loucks e Stedinger (1982), i paramentri di progettazione ottimali possono essere molto sensibili alle condizioni future previste e ciò potrebbe non contemplare rilevanti costi opportunità redditizi (scadimento significativo delle prestazioni del sistema). Quindi, definire la robustezza di un sistema in termini di sensibilità della progettazione del sistema potrebbe non essere appropriato.

Un certo grado di robustezza complessiva del sistema può essere ottenuto in vari modi. Come misura della robustezza del sistema, Hashimoto et al. (1982) hanno proposto la probabilità che il costo reale del sistema non ecceda una certa percentuale del costo minimo possibile di un sistema progettato per le condizioni effettive che si verificano in futuro. Fiering (1982) ha proposto la derivata parziale della risposta del sistema rispetto a una variabile decisionale come misura della robustezza del sistema nei confronti di un cambiamento di questa decisione. Purtroppo, queste due misure possono essere utilizzate solamente per confrontare progetti o piani di alternative di sistema in termini di robustezza relativa, non per determinare se una certa configurazione è robusta o no. Esse potrebbero portare, di conseguenza, a preferire un certo sistema ad un altro, sebbene entrambi i sistemi non siano robusti. Il conflitto tra prestazioni e robustezza non è il solo un conflitto che si può incontrare nel caso di più fonti di incertezza. Le alternative possono essere in conflitto a causa dei loro indici di robustezza nei confronti delle varie fonti di incertezza. Un piano, a confronto con diverse alternative, potrebbe essere più robusto in relazione a cambiamenti in alcune delle risorse, ma meno robusto in relazione a cambiamenti in altre risorse. Questo conflitto sulla robustezza potrebbe essere evitato se potesse essere definita una misura di robustezza complessiva, che rifletta la robustezza del sistema nei confronti delle diverse fonti di incertezza. Una combinazione lineare degli indici di robustezza relativi alle varie risorse in ingresso e/o alle condizioni di domanda può essere considerata un indice di robustezza complessiva del sistema.

Data la variabilità naturale e le incertezze nelle previsioni a lungo termine, l'affidabilità è un fattore critico nella progettazione dei sistemi di approvvigionamento idrico. Tuttavia, la vasta scala del problema e la correlata natura delle incertezze coinvolte conduce a modelli che sono spesso intrattabili. L'ottimizzazione della robustezza mira a trovare una soluzione che risulti fattibile nei limiti di incertezza dei dati. Tale sistema può risultare troppo conservativo e costoso.

L'assunto classico nella programmazione matematica deterministica è che tutti i parametri (dati di input) siano noti con precisione. Questo caso si verifica raramente nelle applicazioni reali, poiché molti parametri contengono incertezze, relative ad esempio a previsioni future o misurazioni. Un modo per gestire queste incertezze è progettare un sistema che sia "robusto" rispetto al variare dei parametri. Cioè, un sistema che rimane fattibile e funziona in maniera quasi ottimale per una serie di valori che i parametri di incertezza possono assumere.

5.6 (U.D. 6) Impatti ambientali

È ampiamente riconosciuto che i progetti ingegneristici possono avere impatti su tutta la gamma delle componenti ambientali, tra cui aria, acqua, suolo ecologia e rumore così come sui processi fisici che avvengono nell'ambiente (CIRIA, 1994). L'esperienza suggerisce che gli effetti dei progetti su larga scala devono essere considerati in relazione a tre fasi temporali: a) durante la costruzione, b) al completamento delle opere e c) durante tutto il periodo di funzionamento, oltre che su diverse scale spaziali: a) nelle immediate vicinanze, b) nelle zone limitrofe e c) nelle aree più vaste che potrebbero esserne influenzate. Inoltre, gli impatti possono essere attribuiti direttamente al progetto (es. abbassamento del livello della falda acquifera dovuto al prelievo dell'acqua) o causati in maniera indiretta dallo stesso (es. degrado del terreno dovuto all'escavazione di materiali da costruzione). Sebbene gli impatti ambientali di un progetto ingegneristico siano molto legati al sito e al progetto, lo studio dell'Associazione per la Ricerca e l'Informazione nell'Industria delle Costruzioni (CIRIA, Construction Industry Research and Information Association – Inghilterra) fornisce una buona panoramica dei possibili impatti ambientali dei sistemi di approvvigionamento idrico su aria, acqua, suolo ed ecologia (vedi le tabelle sottostanti).

Tabella 5.5. *Impatti dei sistemi di approvvigionamento idrico sul suolo*

Problema	Possibili cause	Effetti tipici	Valutazione dell'impatto	Mitigazione
Perdita di risorse minerali	Inondazioni, costruzioni su terreni minerali	Sterilizzazione dei depositi di terra e sabbia	Studi sul suolo	Evitare siti con risorse minerarie di valore
Stabilità dei pendii	Pendii ripidi, elevate pressioni interstiziali	Rotture dei pendii	Studi geotecnici	Indagini sul sito, progettazione degli sbarramenti
Erosione del suolo	Piogge durante gli scavi	Perdita di suolo, tassi di deposito più elevati	Studi idrogeologici	Controllo dei deflussi, protezione del suolo
Sismologia	Aumento della pressione e riparazione dei guasti	Incremento dell'ncidenza dei terremoti	Studi geologici	Evitare aree tettonicamente instabili

Tabella 5.6. *Impatti dei sistemi di approvvigionamento idrico sulla qualità dell'aria*

Problema	Possibili cause	Effetti tipici	Valutazione dell'impatto	Mitigazione
Polveri durante la costruzione	Trasporto di polveri da strade e depositi di aggregati	Fastidio per le persone	Modelli di qualità dell'aria	Bagnatura delle strade, copertura dei depositi di aggr.
Nebbie e foschie	Aumento del vapore acqueo in atmosfera	Incremento dell'incidenza di nebbie e foschie	Calcolo del bilancio idrico	-

Tabella 5.7. *Impatti dei sistemi di approvvigionamento idrico su quantità e qualità dell'acqua*

Problema	Possibili cause	Effetti tipici	Valutazione dell'impatto	Mitigazione
Abbassamento	Pompaggi	Perdita di zone	Studi	Limitazione,

dei livelli della falda acquifera	eccessivi	umide, sorgenti, corsi d'acqua	idrogeologici	ridistribuzione dei prelievi
Cambio nel regime dei fiumi	Prelievi dai fiumi	Riduzione delle portate dei fiumi (deflussi minimi)	Studi idrologici	Regole di funzionamento, costruzini migliori
Impaludamenti	Bacini di accumulo	Innalzamenti locali del livello della falda acquifera	Studi idrogeologici	Rivestimenti di fondo, controllo del livello
Qualità dell'acqua a valle	Minori portate dei fiumi	Maggiore concentrazione di sostanze inquinanti	Studi sulla qualità dell'acqua	Adeguamento ai regimi di portata
Qualità dell'acqua nei bacini di accumulo	Incremento dei Nutrienti, crescita delle alghe	Eutrofizzazione, inquinamento a valle	Studi sulla qualità dell'acqua	Riduzione dei nitrati, destratificazione

Tabella 5.8. *Impatti dei sistemi di approvvigionamento idrico sugli habitat naturali*

Problema	**Possibili cause**	**Effetti tipici**	**Valutazione dell'impatto**	**Mitigazione**
Inondazioni permanenti	Accumuli	Perdita di habitat	Studi ecologici	-
Degrado delle aree umide	Cambiamenti nei regimi di flusso delle falde acquifere e dei corsi d'acqua	Perdita di flora & fauna, accumulo di nutrienti	Studi ecologici	Mantenimento dei regimi naturali
Variazioni nell'ecologia dei fiumi	Prelievi dai fiumi, barriere fisiche	Perdita del numero & diversità delle specie	Studi sugli habitat fluviali	Mantenimento di deflussi sufficienti
Degrado degli estuari	Variazioni nella quantità & qualità dell' acqua dei fiumi	Cambiamenti nella catena alimentare e distribuzione delle specie	Studi sugli habitat dei fiumi	Mantenimento dei deflussi minimi
Nuovi habitat	Creazione di nuovi corpi d'acqua	Attrazione della fauna selvatica, utilizzo per la pesca	Studi ecologici	Considerazione della fauna selvatica

Gli impatti ambientali più comuni dei progetti di approvvigionamento idrico, in base a questo studio, sono sintetizzati di seguito.

La qualità dell'aria nelle zone limitrofe ad un sistema di approvvigionamento idrico può essere temporaneamente compromessa, durante la costruzione delle opere, a causa del trasporto delle polveri dai depositi di aggregati e dalle strade utilizzate per i trasporti, o influenzata in modo permanentemente dalle variazioni del microclima attorno agli accumuli quali i bacini di accumulo delle acque non trattate. Inoltre, tali specchi d'acqua all'aperto determinano un incremento dei tassi di evapotraspirazione che possono influenzare la vegetazione nell'area o accrescere la frequenza di nebbie e foschie. Gli impatti potenziali vengono in genere valutati calcolando il bilancio idrico con e senza accumulo.

I prelievi dalle falde acquifere e dai fiumi riducono la quantità d'acqua disponibile in questi sistemi e in casi estremi possono portare all'esaurimento degli acquiferi, alla perdita del deflusso minimo vitale dei fiumi e alla devastazione delle aree umide e di altri ecosistemi. Inoltre, la

riduzione della quantità di acqua nei sistemi naturali incide sulla sua qualità e favorisce lo sviluppo di concentrazioni più alte di inquinanti e nutrienti. Oltre a questo, l'arginamento dei fiumi e gli accumuli di acqua per l'approvvigionamento possono non solo influenzare il regime delle portate dei fiumi, ma anche determinare un innalzamento dei livelli di falda e influenzare le interazioni tra corpi d'acqua superficiali e acque sotterranee. L'applicazione di metodi idrologici e idrogeologici standard per il calcolo del bilancio delle risorse idriche è il modo utilizzato più di frequente per determinare le quantità massime ammissibili dei prelievi idrici.

La costruzione di accumuli e infrastrutture, come l'installazione delle condutture, causa la perdita di risorse legate ai terreni e potrebbe avere impatto sui siti ecologici e sul valore paesaggistico degli spazi aperti. I grandi sbarramenti e accumuli idrici possono, inoltre, causare problemi di instabilità dei versanti o incrementare le pressioni in zone a rischio geologico. Per contro, i siti di prelievo dell'acqua di approvvigionamento sono spesso protetti da zone in cui l'attività umana è ridotta e nelle quali è tutelato lo stato naturale delle risorse.

Gli accumuli di acqua non solo causano la perdita permanente degli habitat allagati, ma hanno anche un impatto significativo sui processi geomorfologici e sulle condizioni degli habitat a monte e a valle. La riduzione o l'incremento della velocità del fiume può favorire alcune specie a scapito di altre e le barriere fisiche e la perdita dei deflussi più abbondanti possono compromettere la migrazione di alcune specie ittiche. La riduzione dei quantitativi di acque sotterranee e superficiali disponibili e la riduzione delle loro variazioni naturali, possono portare a cambiamenti nell'ecologia dei corridoi fluviali, degli estuari e delle aree umide. Gli studi sugli habitat e i sistemi ecologici possono in qualche modo valutare questi cambiamenti.

Gli effetti dello sfruttamento eccessivo delle risorse idriche variano considerevolmente in funzione del volume e della stagionalità dei prelievi, del volume e della localizzazione della restituzione delle acqua, della sensibilità dell'ecosistema e alle specifiche condizioni locali e regionali. Di fondamentale importanza sono le tempistiche dei prelievi, rispetto ai volumi idrici disponibili. Per esempio, i prelievi di punta sia per l'agricoltura che per il turismo (in particolare tramite il sistema di approvvigionamento pubblico) si verificano generalmente nei mesi estivi, quando la disponibilità idrica è al minimo. Di conseguenza, i potenziali impatti negativi, ad esempio sull'ecologia dei sistemi d'acqua dolce, risultano massimizzati.

L'equilibrio tra domanda e disponibilità idrica diventa più acuto quando i prelievi avvengono in periodi di siccità prolungata. Inoltre, in tali circostanze, la generalmente limitata disponibilità di acqua può, in mancanza di un'appropriata gestione delle risorse, causare necessità di ulteriori prelievi, in particolare per gli usi agricoli. L'equilibrio tra prelievi e disponibilità idrica ha ormai raggiunto un livello critico in molte zone d'Europa e, come illustrano gli esempi forniti dell'Agenzia europea dell'ambiente (EEA, European Environment Agency), nel 2009, una combinazione di siccità e prelievi eccessivi da parte di un settore economico è, in genere, il fattore scatenante.

I fiumi richiedono una quantità sufficiente d'acqua, denominata "deflusso minimo vitale" al fine di mantenere un ecosistema acquatico salubre. Sebbene tutte le fasi del regime delle portate siano importanti per la salute degli ecosistemi fluviali, le portate di magra rappresentano un rischio particolare in relazione alla migrazione dei pesci, che richiedono portate sufficienti a permettere loro di risalire la corrente e raggiungere le zone di riproduzione. Inoltre, i giovani salmonidi hanno bisogno di deflussi con una velocità sufficiente e preferiscono evitare acque poco profonde sebbene siano ricche di cibo. Il deflusso minimo vitale non fa riferimento solamente ai pesci, ma all'intero ecosistema acquatico, inclusi gli invertebrati presenti nelle acque dolci, la vegetazione e l'avifauna ripariale. La portata influenza in maniera determinante anche la qualità dell'acqua; più basse sono le portate, minore è la capacità di un fiume di diluire le sostanze inquinanti e, in genere, minore è la concentrazione di ossigeno disciolto nell'acqua; a un certo livello minimo, la mancanza di ossigeno diventa un fattore critico per la vita acquatica. La tolleranza del biota acquatico alle variazioni di portata, velocità e profondità dei fiumi, così come

della qualità dell'acqua, della copertura e del substrato, varia da specie a specie. Queste informazioni sono in genere integrate nei modelli di idoneità degli habitat d'acqua dolce, che determinano le condizioni di portata ottimale e aiutano a quantificare l'impatto dei prelievi sugli habitat acquatici.

Nonostante l'importanza fondamentale di portate adeguate per la vita acquatica, il prelievo di acqua dai fiumi è spesso eccessivo e comporta, comunemente, il mancato raggiungimento e mantenimento del deflusso minimo vitale, in particolare durante i mesi estivi, quando la disponibilità d'acqua è al minimo. Come risultato, impatti ecologici negativi associati alle portate di magra sono comuni in tutta Europa.

Anche i laghi e i bacini di accumulo richiedono una quantità minima di acqua per un funzionamento salutare dell'ecosistema e i prelievi eccessivi possono determinare impatti negativi sugli ecosistemi acquatici aperti e sulle loro zone marginali.

Anche gli ecosistemi terrestri possono subire l'impatto di prelievi eccessivi, che possono portare all'inaridimento di terreni boscosi, foreste, brughiere, dune e paludi, rendendoli meno adatte per diverse caratteristiche forme di vita vegetale ed animale.

Prelievi eccessivi di acque sotterranee dagli acquiferi costieri causano un abbassamento del livello dell'acqua dolce e il flusso di acqua salata all'interno dell'acquifero, in un processo noto come intrusione salina. Questa salinizzazione degli acquiferi costieri comporta il peggioramento della loro qualità e compromette l'utilizzo successivo delle acque di falda, in quanto i metodi di trattamento convenzionali non rimuovono il sale. Inoltre, il tempo di permanenza delle acque di falda, normalmente lungo, comporta la persistenza della contaminazione salina per decine di anni. Tipicamente, l'intrusione salina nelle falde acquifere si traduce nella necessità di soddisfare la richiesta di acqua dolce attraverso altre fonti di approvvigionamento, tra cui la desalinizzazione delle acque costiere.

Vaste aree del litorale mediterraneo sono state interessate dall'intrusione salina causata dagli attingimenti d'acqua ad uso agricolo e idropotabile, risultando la domanda relativa a quest'ultimo notevolmente incrementata dal turismo. Sebbene il problema sia maggiore nelle regioni costiere mediterranee, fenomeni di intrusione salina si hanno anche nell'Europa del Nord.

Gli approcci tradizionali alla gestione dell'acqua, con azioni volte ad incrementare l'offerta, sono associati ad una serie di impatti negativi sull'ambiente acquatico. In particolare, i bacini di accumulo, i trasferimenti di risorsa tra diversi bacini idrografici e la desalinizzazione, sono ciascuno causa di specifici problemi relativi a cambiamenti della quantità, della qualità dell'acqua, o di entrambe.

I bacini artificiali causano una serie di problemi ambientali, sia in fase di costruzione (che può richiedere decenni) che dopo la realizzazione. Man mano che il livello dell'acqua nei bacini di accumulo si alza, fino alla quota di chiusura della diga, spesso si verificano modificazioni rilevanti nell'area che viene sommersa; terreni agricoli, habitat terrestri e ripariali possono andare perduti, alcuni insediamenti vengono allagati e il livello della falda viene innalzato. Una volta realizzato il bacino di accumulo, i problemi ambientali possono essere divisi in due gruppi: quelli che possono rendere il bacino idrico non idoneo in relazione al proprio scopo, ad esempio per la presenza di alghe e sostanze tossiche nelle riserve ai fini idropotabili, e quelli che inducono il deterioramento del sistema fluviale, soprattutto a valle del bacino di accumulo. Dal momento che le dighe interrompono la continuità naturale di un fiume, si ha una frammentazione dell'ecosistema fluviale, spesso con conseguenze significative dal punto di vista ecologico. In particolare, potrebbe essere ostacolato l'accesso ai siti di riproduzione per i pesci migratori, problema, questo, particolarmente rilevante per pesci come salmoni, trote, anguille e storioni. Gran parte dei sedimenti trasportati nei bacini di accumulo restano intrappolati e si depositano

sul fondo. Non solo questa sedimentazione riduce la vita utile del bacino, ma l'acqua rilasciata dalla diga è impoverita di sedimenti e materiali organici che altrimenti contribuirebbero alla fertilità delle pianure alluvionali e degli estuari a valle. Questo impoverimento determina anche una riduzione della qualità e dell'estensione degli habitat acquatici esistenti a valle.

Analisi condotte dal WWF hanno identificato diversi inconvenienti associati ai trasferimenti di acqua su larga scala tra bacini idrografici. Tra questi, la perdita d'acqua per evaporazione e infiltrazione dai canali durante il trasporto (fino al 50%) e, nel bacino donatore, una riduzione delle portate che comporta un incremento delle concentrazioni di inquinanti, a causa della ridotta capacità di diluizione del fiume, e una modificazione dei modelli di erosione e sedimentazione. Inoltre, questi trasferimenti hanno possono potenzialmente causare l'introduzione di specie estranee nel bacino ricevente.

La desalinizzazione, sebbene riduca il bisogno di ulteriori prelievi di acqua dolce, è stata associata ad alcune questioni ambientali. In particolare, tra l'estrazione di acqua salmastra o salata e la produzione finale di acqua dolce, è necessaria una quantità considerevole di energia, per far evaporare l'acqua o per spingerla attraverso le membrane. Inoltre, il processo determina la produzione di enormi quantità di rifiuti liquidi o solidi (salamoia). Per minimizzare i danni ambientali in corrispondenza dell'ingresso agli stessi, gli impianti di desalinizzazione non dovrebbero essere posti in ambienti marini o costieri sensibili ed è necessaria una vagliatura dell'acqua in ingresso. Se lo smaltimento della salamoia abbia un effetto ad ampio raggio sulla salinità del mare e sulle correnti, è al momento una questione ancora irrisolta, ma gli effetti locali dell'effluente concentrato sono ben documentati. Essendo più pesante della normale acqua di mare, l'effluente concentrato tende a diffondersi sul fondo del mare e gli organismi che vivono nei fondali sensibili alla salinità sono minacciati dall'aumento della quantità di sale presente nell'acqua. Una soluzione al problema dello smaltimento della salamoia consiste nel ridurla ad una forma solida o condensata e utilizzarla come materia prima per l'industria chimica.

La Valutazione di Impatto Ambientale è una procedura che garantisce che le implicazioni ambientali delle decisioni vengano prese in considerazione prima di assumere le decisioni stesse. La Valutazione di Impatto Ambientale può essere eseguita per singoli progetti, ad esempio una diga, in base alla Direttiva 85/337/CEE, come modificata dalla Direttiva 97/11/CE e dalla Direttiva 2003/35/CE (nota come Direttiva VIA - "Valutazione di Impatto Ambientale") o per piani o programmi pubblici, in base alla Direttiva 2001/42/CE (nota come Direttiva VAS - "Valutazione Ambientale Strategica"). Il principio comune a entrambe le Direttive è quello di assicurare che piani, programmi e progetti, che potrebbero avere effetti significativi sull'ambiente, siano oggetto di una valutazione ambientale prima della loro approvazione o autorizzazione. La consultazione del pubblico è un elemento fondamentale delle procedure di valutazione ambientale. Le Direttive relative alla valutazione ambientale mirano a garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione delle considerazioni ambientali nella predisposizione di progetti, piani e dei programmi, con l'obiettivo di ridurre il loro impatto ambientale. Esse assicurano la partecipazione del pubblico ai processi decisionali e quindi rafforzano la qualità delle decisioni. I progetti e i programmi co-finanziati dall'UE (Politiche di coesione, Agricole e sulla Pesca) devono rispettare le Direttive VIA (EIA, Environmental Impact Assessment) e VAS (SEA, Strategic Environmental Assessment) per poter ricevere l'approvazione per l'assistenza finanziaria. Quindi, le Direttive sulla valutazione ambientale sono strumenti fondamentali per lo sviluppo sostenibile.

5.7 (U.D. 7) Misure economiche e finanziarie

5.7.1 Valutazione economica dei sistemi di approvvigionamento idrico

Nello studio di fattibilità di qualsiasi progetto di sviluppo i principali criteri che devono essere presi in considerazione sono riferiti a:

- l'efficienza del progetto;
- l'equità tra gli utenti, e
- la sostenibilità di tutte le attività relative al progetto

In questo paragrafo concentreremo l'attenzione sul criterio dell'efficienza dei sistemi di approvvigionamento idrico, individuando le fasi fondamentali del procedimento necessario per la loro valutazione economica.

Il caposaldo rappresentato dall'analisi costi-benefici si basa sul trasferimento di tutti i costi e i benefici nella stessa scala temporale, utilizzando fattori di equivalenza. Le questioni critiche di questo processo sono l'orizzonte temporale dell'analisi e il tasso di interesse che vengono adottati.

I metodi utilizzati per valutare l'efficienza delle attività collegate al progetto sono:

- valutazione economico-finanziaria
- valutazione economica
- valutazione sociale
- analisi dei costi e dei benefici

Poiché i progetti di approvvigionamento idrico, relativi al trasporto e alla distribuzione dell'acqua potabile sono fortemente influenzati dall'obbligo, da parte della autorità, di assicurare questo bene comune fondamentale per la vita e la salute pubblica dei cittadini, il metodo più appropriato è la valutazione sociale. Tuttavia, a livello di aziende di gestione (considerate soggetti d'impresa) tutti gli altri metodi possono essere utili e possono essere utilizzati in relazione alle condizioni regionali e locali specifiche.

La valutazione sociale si riferisce alla stima del contributo del progetto in relazione a:

- lo sviluppo
- l'occupazione
- la protezione dell'ambiente
- l'accettazione sociale
- la tutela dei poveri
- il contributo all'equilibrio economico regionale e nazionale, ecc.

Per una descrizione dettagliata dei Metodi di Valutazione, il lettore dovrebbe consultare pubblicazioni specializzate.

5.7.2 Misure finanziarie per conseguire l'equilibrio economico

Inutile dire che le condizioni finanziarie di un'azienda di gestione dei servizi idrici sono direttamente collegate alla possibilità di dare avvio e implementare programmi di miglioramento per controbilanciare l'invecchiamento degli impianti e l'incidenza ricorrente di guasti di qualsiasi tipo.

Pertanto, per conseguire l'equilibrio economico, possono essere indagate le opzioni finanziarie disponibili. Il tipo di opzioni adatte per ciascuna azienda di gestione dipende essenzialmente dal tipo di impresa e dal sistema finanziario ed economico in cui l'azienda opera.

C'è un lungo dibattito pubblico sulle opzioni che un'azienda di gestione può seguire se, in base ad uno studio sistematico e a delle proiezioni, non fosse in grado di conseguire l'equilibrio economico e il miglioramento dei servizi offerti.

L'argomento è vasto e non può essere trattato in questo paragrafo neanche a livello superficiale. Comunque, nel caso di coinvolgimento del settore privato nel sostegno finanziario di un'azienda di gestione (esclusi i prestiti) c'è una serie di opzioni per la cooperazione tra i settori pubblico e privato, le più conosciute delle quali sono:

- Modello B.O.T. (Build – Operate – Transfer)
- Modello B.O.O.T. (Build – Operate – Own – Transfer)
- Modello D.B.F.O. (Design – Build – Finance – Operate)
- Modello B.T.O. (Build – Transfer – Operate)
- Modello B.O.O. (Build – Own – Operate)
- Modello B.B.O. (Buy – Build – Operate)
- Modello L.R.O. (Lease – Rehabilitate – Operate)
- Modello B.O.L.T. (Build – Own – Lease – Transfer)
- Modello O.M. (Contratto di servizio privato: Operation & Maintenance)
- Modello O.M.M. (Contratto di servizio privato: Operation & Maintenance & Management)

5.7.3 Incentivi economici per il risparmio idrico

Come noto, in relazione alla gestione dei sistemi di approvvigionamento idrico, le aziende di gestione dovrebbero spostare l'attenzione dal lato dell'offerta a quello della domanda. Esistono diverse opzioni per ottenere una diminuzione della domanda idrica in un territorio. Tra queste ci sono il miglioramento dell'efficienza della rete (sforzo che riguarda l'azienda) e i programmi di informazione e formazione volti ad accrescere la consapevolezza ed il contributo pubblico allo sforzo complessivo di ridurre la domanda idrica.

Per favorire la riduzione dei consumi, diversi incentivi economici possono essere considerati efficaci. Una tariffazione che tenga conto degli incentivi potrebbe essere la procedura più comunemente utilizzata. Tuttavia, prima di applicare tale misura, l'azienda di gestione dovrebbe esaminare attentamente l'efficacia della stessa. Se il prezzo per unità di volume dell'acqua è basso, l'efficacia della misura è piuttosto limitata. In termini matematici, questo viene studiato tramite analisi dell'elasticità della domanda/dei consumi idrici in rapporto alle percentuali di incremento delle tariffe idriche.

Un'altra, forse più efficace misura economica, potrebbe essere un programma di incentivazione, con l'obiettivo di mantenere i consumi bassi. Se tale programma dovesse essere adottato, le regole e i relativi annunci dovrebbero essere chiari, coerenti e ben pubblicizzati.

Sono a disposizione diversi tipi di incentivi economici, tratti da esperienze che hanno avuto successo in vari territori. Tuttavia, la programmazione di tali misure dovrebbe essere adattata al specifico, tenendo conto delle condizioni economiche e demografiche locali e la mentalità degli utenti del servizio idrico.

5.8 Bibliografia

Allam, M. N., Abu-Riziaiza, O. S. 1998. *"Quantification of robustness in water resources systems"*. Water Resources Management 2, 231-243. Kluwer Academic Publishers.

CIRIA. 1994. *"Environmental Assessment"*. Construction Industry Research and Information Association, Special Publication 96, London.

Cullinane, M., Lansey, K. and Mays, L. 1992. *"Optimization-availability based design of water distribution networks".* Journal of Hydraulic Engineering. ASCE, 118(3), 420-441.

European Environment Agency (EEA). 2009*. "Water resources across Europe –confronting water scarcity and drought".* Report No 2. Copenhagen.

Fiering, M. B., 1982. *"A screening model to quantify resilience".* Water Resources Research 18, 27-32.

Fiering, M. B. and Hollling, C. S. 1974. *"Management and standards for perturbed ecosystems"*. Agro-Ecosystems 1, 20l-321.

Goulter, I. C. 1999*. "Reliability and risk in a water supply system emphasizing drought periods"*, in E. Cabrera and Garcia-Serra (eds), "Drought management planning in water supply systems". Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 128-147.

Hashimota, T., Loucks, D. P., and Stedinger, .J. R. 1982*. "Robustness of water resource systems"*. Water Resources Research 18, 21-26.

Huck, P. M., Coffey, B. M. 2004. *"The importance of robustness in drinking-water systems"*. Journal of Toxicology and Environmental Health, part A, volume 62, issue 60-62, 1581-1590.

Madrid, Y., Zayas, Z. P. 2007. *"Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy"*. Trends in Analytical Chemistry, Vol. 26, No 4, 293-299.

Matalas, N. C. and Fiering, M. B. 1977. *"Water-resource systems planning"*, in Climate, Climate Change und Water Supply, National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Mays, L.W., editor. 1989. *"Reliability analysis of water distribution systems".* ASCE, Washington, DC.

Mays L.W., editor. 1996. *"Water resources handbook".* Mc-Graw Hill.

National Environment Agency Singapore. 2008. *"Code of Practice on Piped Drinking Water Sampling and Safety Plans"*. First Edition.

Ostfeld, O. 2004. *"Reliability analysis of water distribution systems"*. Journal of Hydroinformatics, IWA Publishing.

Quevauviller, Ph. 2002. *"Quality assurance for water analysis"*. Water Quality Measurements Series, John Willey & Sons.

Rich, L. G. 1973. *"Environmental systems engineering"*. Mc Graw-Hill.

Shamir, U. and Howard, C.D.D. 1981. *"Water supply reliability theory"*. Journal of the American Water Works Association, 73(3).379-384.

Stigler, G., 1939. "*Production and distribution in the short run"*. Journal of Political Economy 47, 305-327.

Trifković, A., 2007. *"Multi-objective and Risk-based Modelling Methodology for Planning, Design and Operation of Water Supply Systems"*. , Mitteilungen / Institut fuer Wasserbau der Universitaet Stuttgart, Heft 163, ISBN 3-933761-67-0.

U.S. Department of Energy. 2006. "*Enegy demands on water resources"*. Report to Congress on the interdependency of energy and water.

U.S. Environmental Protection Agency. 2009. *"2009 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories"*. EPA 822-R-09-011, Washington, DC.

WHO. 2008. "Guidelines for Drinking-water Quality. Third edition incorporating the first and second addenda. Volume 1: Recommendations". Geneva.

APPENDICE

Direttiva 98/83/CE del Consiglio del 3 Novembre 1998
PARAMETRI E VALORI DI PARAMETRO

PARTE A. **Parametri Microbiologici**	
Parametro	**Valore di parametro (numero/100ml)**
Escherichia coli (E. coli)	0
Enterococchi	0

Per le acque messe in vendita in bottiglie o contenitori sono applicati i seguenti valori:

Parametro	**Valore di parametro**
Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
Enterococchi	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Conteggio delle colonie a 22℃	100/ml
Conteggio delle colonie a 37℃	20/ml

PARTE B. **Parametri chimici**			
Parametro	**Valore di perametro**	**Unità di misura**	**Note**
Acrilammide	0,10	µg/l	Nota 1
Antimonio	5,0	µg/l	
Arsenico	10	µg/l	
Benzene	1,0	µg/l	
Benzopirene	0,010	µg/l	
Boro	1,0	µg/l	
Bromato	10	µg/l	Nota 2
Cadmio	5,0	µg/l	
Cromo	50	µg/l	
Rame	2,0	mg/l	Nota 3
Cianuro	50	µg/l	
1,2 dicloroetano	3,0	µg/l	
Epicloridrina	0,10	µg/l	Nota 1
Fluoruro	1,50	mg/l	
Piombo	10	µg/l	Note 3 e 4
Mercurio	1,0	µg/l	
Nichel	20	µg/l	Nota 3
Nitrati	50	mg/l	Nota 5
Nitriti	0,50	mg/l	Nota 5
Antiparassitari	0,10	µg/l	Note 6 e 7
Antiparassitari - Totale	0,50	µg/l	Note 6 e 8
Idrocarburi policiclici aromatici	0,10	µg/l	Somma delle concentrazioni di composti specifici; Nota 9
Selenio	10	µg/l	
Tetracloroetilene e Tricloroetilene	10	µg/l	Somma delle concentrazioni di parametri specifici
Trialometani – Totale	100	µg/l	Somma delle concentrazioni di composti specifici; Nota 10
Cloruro di vinile	0,5	µg/l	Nota 1

Nota 1 Il valore di parametro si riferisce alla concentrazione monomerica residua nell'acqua calcolata secondo le specifiche dello scarico massimo del polimero corrispondente a contatto con l'acqua.

Nota 2 Ove possibile, gli Stati membri devono adoperarsi per applicare valori inferiori senza compromettere la disinfezione.

Per le acque di cui all'articolo 6, paragrafo 1, lettere a), b) e d), il valore deve essere soddisfatto al più tardi dieci anni dopo l'entrata in vigore della presente direttiva. Il valore di parametro per il bromato nel periodo compreso tra i cinque e i dieci anni successivi all'entrata in vigore della presente direttiva è pari a 25 µg/l.

Nota 3 Il valore si riferisce ad un campione di acqua destinata al consumo umano ottenuto dal rubinetto tramite un metodo di campionamento adeguato [(1)] e prelevato in modo da essere rappresentativo del valore medio dell'acqua ingerita settimanalmente dai consumatori. Le procedure di prelievo dei campioni e di controllo vanno applicate, se del caso, secondo metodi armonizzati da stabilire in conformità dell'articolo 7, paragrafo 4. Gli Stati membri devono tener conto della presenza di livelli di picco che possono nuocere alla salute umana.

[(1)] *Da aggiungere dopo l'esito dello studio attualmente in corso.*

Nota 4 Per le acque di cui all'articolo 6, paragrafo 1, lettere a), b) e d), questo valore deve essere soddisfatto al più tardi quindici anni dopo la data di entrata in vigore della presente direttiva. Il valore di parametro del piombo nel periodo compreso tra i cinque e i quindici anni successivi all'entrata in vigore della presente direttiva è pari a 25 µg/l.

Gli Stati membri devono provvedere affinché venga ridotta al massimo la concentrazione di piombo nelle acque destinate al consumo umano durante il periodo previsto per conformarsi al valore di parametro.

Nell'attuazione delle misure intese a garantire il raggiungimento del valore in questione, gli Stati membri devono dare gradualmente priorità ai punti in cui la concentrazione di piombo nelle acque destinate al consumo umano è più elevata.

Nota 5 Gli Stati membri devono provvedere affinché sia soddisfatta la condizione: [nitrati]/50 + [nitriti]/3 ≤ 1, ove le parentesi quadre esprimono la concentrazione in mg/l per il nitrato (NO3) e per il nitrito (NO2), e il valore di 0,10 mg/l per i nitriti sia raggiunto nelle acque provenienti da impianti di trattamento.

Nota 6 Per antiparassitari s'intende:
- insetticidi organic
- erbicidi organic
- fungicidi organic
- nematocidi organic
- acaricidi organic
- alghicidi organic
- rodenticidi organic
- slimicidi organic
- prodotti connessi (tra l'altro regolatori della crescita) e i pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione.

Il controllo è necessario solo per gli antiparassitari che hanno maggiore probabilità di trovarsi in un determinato approvvigionamento d'acqua.

Nota 7 Il valore di parametro si riferisce ad ogni singolo antiparassitario. Nel caso di aldrina, dieldrina, eptacloro ed eptacloro epossido, il valore parametrico e` pari a 0,030 µg/l.

Nota 8 «Antiparassitari — Totale» indica la somma dei singoli antiparassitari rilevati e quantificati nella procedura di controllo.

Nota 9 I composti specifici sono i seguenti:
- benzo(b)fluorantene,
- benzo(k)fluorantene,
- benzo(ghi)perilene,
- indeno(1,2,3-cd)pirene.

Nota 10 Ove possibile, gli Stati membri devono adoperarsi per applicare valori inferiori senza compromettere la disinfezione.

I composti specifici sono: cloroformio, bromoformio, dibromoclorometano, bromodiclorometano.

Per le acque di cui all'articolo 6, paragrafo 1, lettere a), b) e d), i valori devono essere soddisfatti al più tardi dieci anni dopo la data di entrata in vigore della presente direttiva. Il valore di parametro per i THM totali nel periodo compreso tra i cinque e i dieci anni successivi all'entrata in vigore della presente direttiva è pari a 150 µg/l.

PARTE C. **Parametri indicatori**			
Parametro	**Valore di parametro**	**Unità di misura**	**Note**
Alluminio	200	µg/l	
Ammonio	0,50	mg/l	
Cloruro	250	mg/l	Nota 1
Clostridium perfringens (spore comprese)	0	Numero/100 ml	Nota 2
Colore	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale		
Conduttività	2 500	µS cm^{-1} a 20℃	Nota 1
Concentrazione ioni idrogeno	≥ 6,5 e ≤ 9,5	Unità pH	Note 1 e 3
Ferro	200	µg/l	
Manganese	50	µg/l	
Odore	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale		
Ossidabilità	5,0	mg/l O_2	Nota 4
Solfato	250	mg/l	Nota 1
Sodio	200	mg/l	
Sapore	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale		
Conteggio delle colonie a 22°	Senza variazioni anomale		
Batteri coliformi	0	Numero/100 ml	Nota 5
Carbonio organico totale (TOC)	Senza variazioni anomale		Nota 6
Torbidità	Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale		Nota 7
RADIOATTIVITA'			
Parametro	**Valore di parametro**	**Unità di misura**	**Note**
Tritium Trizio	100	Bequerel/l	Note 8 e 10
Total indicative dose Dose indicative totale	0,10	mSv/anno	Note 9 e 10

Nota 1 L'acqua non deve essere aggressiva.

Nota 2 Tale parametro non deve essere misurato a meno che le acque provengano o siano influenzate da acque superficiali. In caso di non conformità con il valore parametrico, lo Stato membro interessato per controllare l'approvvigionamento d'acqua deve accertarsi che non sussistano potenziali pericoli per la salute umana derivanti dalla presenza di microrganismi patogeni quali ad esempio il cryptosporidium. Gli Stati membri devono includere i risultati di tutti questi controlli nelle relazioni che devono presentare conformemente all'articolo 13, paragrafo 2.

Nota 3 Per le acque non frizzanti confezionate in bottiglie o contenitori il valore minimo può essere ridotto a 4,5 unità pH.

Per le acque confezionate in bottiglie o contenitori, naturalmente ricche di anidride carbonica o arricchite artificialmente, il valore minimo può essere inferiore.

Nota 4 Se si analizza il parametro TOC non è necessario misurare questo valore.

Nota 5 Per le acque confezionate in bottiglie o contenitori, l'unità di misura è «Numero/250 ml».

Nota 6 Non e` necessario misurare questo parametro per approvvigionamenti d'acqua inferiori a 10 000 m^3 al giorno.

Nota 7 In caso di trattamento delle acque superficiali gli Stati membri devono adoperarsi per applicare un valore di parametro non superiore a 1,0 NTU (unità nefelometriche di torbidità) nelle acque provenienti da impianti di trattamento.

Nota 8 Frequenza dei controlli da definire successivamente nell'allegato II.

Nota 9 Ad eccezione del trizio, potassio -40, radon e prodotti di decadimento del radon; frequenza dei controlli, metodi di controllo e siti più importanti per i punti di controllo da definire successivamente nell'allegato II.

Nota 10 1. Le proposte prescritte nelle note 8 e 9 per quanto riguarda la frequenza dei controlli, i metodi di controllo e i siti più importanti per i punti di controllo di cui all'allegato II sono adottate secondo la procedura di cui all'articolo 12. Nell'elaborare le proposte la Commissione tiene conto, tra l'altro, delle pertinenti disposizioni della normativa vigente o di opportuni programmi di controllo, ivi compresi i risultati dei controlli ottenuti in tale contesto. La Commissione presenta tali proposte al più tardi entro diciotto mesi dalla data di cui all'articolo 18 della direttiva.

2. Uno Stato membro non e` tenuto a effettuare controlli sull'acqua potabile relativamente al trizio a alla radioattività al fine di stabilire la dose totale indicativa quando sia stato accertato che, sulla base di altri controlli, i livelli del trizio o della dose indicativa calcolata sono ben al di sotto del valore di parametro. In tale caso, esso comunica la motivazione della sua decisione alla Commissione, compresi i risultati di questi altri controlli effettuati.

Direttiva 2003/40/CE della Commissione del 16 Maggio 2003

Componenti naturalmente presenti nelle acque minerali naturali e limiti massimi il cui superamento può presentare un rischio per la sanità pubblica	
Componenti	**Limiti massimi (mg/l)**
Antimonio	0,0050
Arsenico	0,010 (come totale)
Bario	1,0
Boro	Il limite massimo per il boro sarà fissato se necessario, previo parere dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare e su proposta della Commissione entro il 1o gennaio 2006.
Cadmio	0,003
Cromo	0,050
Rame	1,0
Cianuro	0,070
Fluoruri	5,0
Piombo	0,010
Manganese	0,50
Mercurio	0,0010
Nichel	0,020
Nitrati	50
Nitriti	0,1
Selenio	0,010
Limiti massimi per i residui di trattamento delle acque minerali naturali e delle acque sorgive con aria arricchita di ozono	
Residui di trattamento	**Limiti massimi (*) (µg/l)**
Ozono disciolto	50
Bromati	3
Bromoformi	1

(*)Il rispetto dei limiti massimi è controllato dalle autorità competenti degli Stati membri a livello dell'imbottigliamento o di altri confezionamenti destinati al consumatore finale.

Standard per l'acqua potabile e Raccomandazioni sanitarie dell'EPA, USA – Edizione 2009

Le seguenti definizioni dei termini usati nelle tabelle non sono esaustive e non vanno interpretate come definizioni "ufficiali". Il loro scopo è quello di consentire al lettore di comprendere i termini che si trovano nelle pagine seguenti.

Livello di azione: La concentrazione di un contaminante che, se superata, determina la necessità di trattamento o ulteriori requisiti che il sistema idrico deve soddisfare. E' il livello di piombo o rame che, se superato in più del 10% delle abitazioni sottoposte a controllo, determina la necessità di trattamenti per il controllo di corrosione.

Classificazione degli agenti cancerogeni: Un giudizio descrittivo, basato su evidenze sperimentali, sulla possibilità che una sostanza sia cancerogena l'uomo e sulle condizioni sotto le quali si possono manifestare gli effetti cancerogeni. I termini descrittivi suggeriti sono i seguenti:

A. Sostanze cancerogene per l'uomo (**H**)
B. Sostanze che possono essere cancerogene per l'uomo (**L**)
C. Sostanze che possono essere cancerogene al di sopra di una dose specifica, ma non possono esserlo al di sotto di quella dose, perché in tali condizioni non si verifica un evento chiave nella formazione del tumore (**L/N**)
D. Sostanze con testimonianze indicative di potenziale cancerogeno (**S**)
E. Sostanze con informazioni inadeguate alla valutazione del potenziale cancerogeno (**I**)
F. Sostanze che non possono essere cancerogene per gli esseri umani (**N**)

Classificazione in Gruppi

A Cancerogeni umani

B Probabili cancerogeni umani:

B1 sostanze con limitata evidenza di cancerogenicità in studi epidemiologici
B2 sostanze con sufficiente evidenza di cancerogenicità in studi su animali e inadeguata evidenza o assenza di dati in studi sull'uomo

C Sospetti cancerogeni umani

D Sostanze non classificabili

E Non cancerogeni

10^{-4} Cancer Risk – Rischio cancro 10^{-4}: la concentrazione di una sostanza nell'acqua potabile corrispondente ad una valutazione per eccesso del rischio di cancro nell'arco della vita di 1 su 10000.

Raccomandazione per l'acqua potabile: la concentrazione, non riferita a limiti di legge, di un contaminante in acqua, in corrispondenza della quale non si hanno probabilmente effetti negativi sulla salute e sulle caratteristiche estetiche dell'acqua.

DWEL (Drinking Water Equivalent Level) – Livello equivalente di acqua potabile: la concentrazione di esposizione, rapportata all'intera durata di vita, che protegga dagli effetti negativi, non cancerogeni, sulla salute, assumendo che l'esposizione ad un contaminante derivi esclusivamente dall'acqua potabile.

HA (Health Advisory) – Raccomandazione sanitaria: stima dei livelli accettabili di una sostanza nell'acqua potabile in base alle informazioni sugli effetti sulla salute; una raccomandazione sanitaria non rappresenta uno standard federale, giuridicamente vincolante, ma è utile come guida tecnica per assistere funzionari federali, statali e locali.

One-Day HA – Raccomandazione sanitaria - 1 giorno: concentrazione di una sostanza nell'acqua potabile che si presume non causi alcun effetto negativo, non cancerogeno, per esposizione fino ad un giorno. L'HA - 1 giorno viene in genere fissata per proteggere la salute di un bambino di 10 kg che assume un litro di acqua al giorno.

Ten-Day HA – Raccomandazione sanitaria - 10 giorni: concentrazione di una sostanza nell'acqua potabile che si presume non causi alcun effetto negativo, non cancerogeno, per esposizione fino a dieci giorni. Anche l'HA - 10 giorni viene in genere fissata per proteggere la salute di un bambino di 10 kg che assume un litro di acqua al giorno.

Lifetime HA – Raccomandazione sanitaria - intera vita: concentrazione di una sostanza nell'acqua potabile che si presume non causi alcun effetto negativo, non cancerogeno, per esposizione pari a tutta la durata di vita. L'HA - intera vita si basa sull'esposizione di un adulto di 70 kg che consuma 2 litri di acqua al giorno. L'HA - intera vita per le sostanze cancerogene del Gruppo C cancerogeno contempla un adattamento in base alla possibile cancerogenità.

MCLG (Maximum Contaminant Level Goal) – Livello massimo obiettivo di contaminante: obiettivo sanitario non obbligatorio ai sensi di legge, fissato ad un livello in corrispondenza del quale non si ha alcun effetto negativo noto o previsto sulla salute delle persone e che consente un adeguato margine di sicurezza.

MCL (Maximum Contaminant Level) – Livello massimo di contaminante: livello più alto di contaminante che è consentito nell'acqua potabile. I MCL sono quanto più possibile prossimi ai MCLG, tenendo conto delle migliori tecnologie analitiche e di trattamento disponibili e dei relativi costi. I MCL sono standard di legge.
RfD (Reference Dose) – Dose di riferimento: una stima (con incertezza di variabilità di un ordine di grandezza) dell'esposizione orale giornaliera per la popolazione umana (compresi i sottogruppi sensibili) che non presenta un rischio apprezzabile di effetti nocivi durante l'intra durata di vita.
SDWR (Secondary Drinking Water Regulations) – Regolamentazione accessoria sulle acque potabili: Linee Guida federali non obbligatorie ai sensi di legge che riguardano gli effetti cosmetici (come la comparsa di macchie sui denti o sulla pelle) o estetici (come sapore, odore o colore) dell'acqua potabile .
TT (Treatment Technique) – Tecnica di trattamento: processo necessario, destinato a ridurre il livello di un contaminante nell'acqua potabile .

Standard per l'acqua potabile e Raccomandazioni sanitarie

Sostanze (pag. 1)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità[1]
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
ORGANICHE									
Acenaftene	-	-	-	-	0.06	2	-	-	-
Acifluorfene (sodium)	-	-	2	2	0.01	0.4	-	0.1	L/N
Acrilamide	Zero	TT[2]	1.5	0.3	0.0002	0.007	-	0.0008	B2
Acrilonitrile	-	-	-	-	-	-	-	0.006	B1
Alaclor	Zero	0.002	0.1	0.1	0.01	0.4	-	0.04	B2
Aldicarb[3]	0.001	0.003	0.01	0.01	0.001	0.035	0.007	-	D
Aldicarb sulfone[3]	0.001	0.002	0.01	0.01	0.001	0.035	0.007	-	D
Aldicarb sulfossido[3]	0.001	0.004	0.01	0.01	0.001	0.035	0.007	-	D
Aldrin	-	-	0.0003	0.0003	0.00003	0.001	-	0.0002	B2
Ametryn	-	-	9	9	0.009	0.3	0.06	-	D
Ammonio sulfamato	-	-	20	20	0.2	8	2	-	D
Antracene (PAH)[4]	-	-	-	-	0.3	10	-	-	D
Atrazina	0.003	0.003	-	-	0.02	0.7	-	-	N
Baygon	-	-	0.04	0.04	0.004	0.1	0.003	-	C
Bentazon	-	-	0.3	0.3	0.03	1	0.2	-	E
Benz[a]antracene (PAH)	-	-	-	-	-	-	-	-	B2
Benzene	Zero	0.005	0.2	0.2	0.004	0.1	-	0.1	H
Benzo[a]pirene (PAH)	Zero	0.0002	-	-	-	-	-	0.0005	B2
Benzo[b]fluorantene	-	-	-	-	-	-	-	-	B2
Benzo[g,h,i]perilene (PAH)	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Benzo[k]fluorantene (PAH)	-	-	-	-	-	-	-	-	B2
bis-2-Cloroisopropil etere	-	-	4	4	0.04	1	0.3	-	D
Bromacil	-	-	5	5	0.1	3.5	0.07	-	C
Bromobenzene	-	-	4	4	0.008	0.3	0.07	-	I

(1) Le sostanze valutate in base alle linee guida sugli agenti cancerogeni del 2005 o alle bozze del 1996 o 1999 sono denotate da un'abbreviazione relativa al descrittore, basato su evidenze sperimentali (vedi pagina iii). Se l'agenzia non ha completato una nuova valutazione della sostanza, nella colonna "Descrittore Cancerogenicità" è indicato il gruppo di assegnazione individuato un base alle Linee Guida del 1986 (vedi pagina iii).
(2) Quando si usa l'Acrilamide nei sistemi idropotabili, la combinazione (o il prodotto) della dose ed il livello del monomero non deve superare quella equivalente di un polimero di poliacrilamide con contenuto dello 0.05% del monomero dosato a 1 mg/L.
(3) Il valore del MCL di una qualsiasi combinazione di due o più di queste tre sostanze non deve superare 0.007 mg/L, a causa del modo di agire simile
(4) PAH = Idrocarburi policiclici aromatici

Sostanze (pag. 2)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
Bromoclorometano	-	-	50	1	0.01	0.5	0.09	-	D
Bromodiclorometano (THM)	Zero	0.08(1)	1	0.6	0.003	0.1	-	0.1	L
Bromoformio (THM)	Zero	0.08(1)	5	0.2	0.03	1	-	0.8	L
Bromometano	-	-	0.1	0.1	0.001	0.05	0.01	-	D
Butil benzl ftalato	-	-	-	-	0.2	7	-	-	C
Butilato	-	-	2	2	0.05	2	0.4	-	D
Carbaryl	-	-	1	1	0.01	0.4	-	4	L
Carbofuran	0.04	0.04	-	-	0.00006	-	-	-	N
Carbonio tetracloride	Zero	0.005	4	0.2	0.0007	0.03	-	0.03	B2
Carboxin	-	-	1	1	0.1	3.5	0.7	-	D
Cloramben	-	-	3	3	0.015	0.5	0.1	-	D
Clordano	Zero	0.002	0.06	0.06	0.0005	0.02	-	0.01	B2
Cloroformio (THM)	0.07	0.08(1)	4	4	0.01	0.35	0.07	-	L/N
Clorometano	-	-	9	0.4	0.004	0.1	0.03	-	D
Clorofenolo (2-)	-	-	0.5	0.5	0.005	0.2	0.04	-	D
Clorotalonil	-	-	0.2	0.2	0.015	0.5	-	0.15	B2
Clorotoluene o-	-	-	2	2	0.02	0.7	0.1	-	D
Clorotoluene p-	-	-	2	2	0.02	0.7	0.1	-	D
Clorpyrifos	-	-	0.03	0.03	0.0003	0.01	0.002	-	D
Crisene (PAH)	-	-	-	-	-	-	-	-	B2
Cianazina	-	-	0.1	0.1	0.07	0.001	-	-	

(1) Regolamentazione finale per disinfettanti e sottoprodotti di disinfezione del 1998: il totale per i trialometani (THM) è di 0.08 mg/L.

Sostanze (pag. 3)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
Cloruro di cianogeno (1)	-	-	0.05	0.05	0.05	2	-	-	D
2,4-D (2,4 - acido diclorofenossiacetico)	0.07	0.07	1	0.3	0.005	0.2	-	-	D
DCPA (Dacthal)	-	-	2	2	0.01	0.35	0.07	-	C
Dalapon (sale di sodio)	0.2	0.2	3	3	0.03	0.9	0.2	-	D
Di(2-etilesil)adipato	0.4	0.4	20	20	0.6	20	0.4	3	C
Di(2-etilesl)ftalato	Zero	0.006	-	-	0.02	0.7	-	0.3	B2
Diazinon	-	-	0.02	0.02	0.0002	0.007	0.001	-	E
Dibromoclorometano (THM)	0.06	0.08(2)	0.6	0.6	0.02	0.7	0.06	0.08	S
Dibromocloropropano (DBCP)	Zero	0.0002	0.2	0.05	-	-	-	0.003	B2
Dibutil ftalato	-	-	-	-	0.1	4	-	-	D
Dicamba	-	-	-	-	0.5	18	4	-	N
Acido dicloroacetico	Zero	0.06(3)	5	5	0.004	0.1	-	0.07	L
Diclorobenzene o-	0.6	0.6	9	9	0.09	3	0.6	-	D
Diclorobenzene — (4)	-	-	9	9	0.09	3	0.6	-	D
Diclorobenzene p-	0.075	0.075	11	11	0.1	4	0.075	-	C
Diclorodifluorometano	-	-	40	40	0.2	5	1	-	D
Dicloroetano (1,2-)	Zero	0.005	0.7	0.7	-	-	-	0.04	B2
Dicloroetilene (1,1-)	0.007	0.007	2	1	0.05	2	-	0.006	S
Dicloroetilene (cis-1,2-)	0.07	0.07	4	1	0.01	0.35	0.07	-	D
Dicloroetilene (trans-1,2-)	0.1	0.1	20	1	0.02	0.7	0.1	-	D
Diclorometano	Zero	0.005	10	2	0.06	2	-	0.5	B2
Diclorofenolo (2,4-)	-	-	0.03	0.03	0.003	0.1	0.02	-	E
Dicloropropano (1,2-)	Zero	0.005	-	0.09	-	-	-	0.06	B2
Dicloropropene (1,3-)	-	-	0.03	0.03	0.03	1	-	0.04	L
Dieldrin	-	-	0.0005	0.0005	0.00005	0.002	-	0.0002	B2
Dietil ftalato	-	-	-	-	0.8	30	-	-	D

(1) In corso di aggiornamento.
(2) Regolamentazione finale per disinfettanti e sottoprodotti di disinfezione del 1998: il totale per i trialometani (THM) è di 0.08 mg/L.
(3) Regolamentazione finale per disinfettanti e sottoprodotti di disinfezione del 1998: il totale per i cinque acidi aloacetici è 0.06 mg/L.
(4) I valori per l'm-diclorobenzene sono basati su dati per l'o-diclorobenzene.

Sostanze (pag. 4)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
Diisopropil metilfosfonato	-	-	8	8	0.08	3	0.6	-	D
Dimetrin	-	-	10	10	0.3	10	2	-	D
Dimetil metilfosfonato	-	-	2	2	0.2	7	0.1	0.7	C
Dimetil ftalato	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Dinitrobenzene (1,3-)	-	-	0.04	0.04	0.0001	0.005	0.001	-	D
Dinitrotoluene (2,4-)	-	-	0.5	0.5	0.002	0.1	-	0.005	L
Dinitrotoluene (2,6-)	-	-	0.4	0.4	0.001	0.04	-	0.005	L
Dinitrotoluene (2,6 & 2,4)(1)	-	-	-	-	-	-	-	0.005	B2
Dinoseb	0.007	0.007	0.3	0.3	0.001	0.035	0.007	-	D
Diossano p-	-	-	4	0.4	-	-	-	0.3	B2
Difenamide	-	-	0.3	0.3	0.03	1	0.2	-	D
Diquat	0.02	0.02	-	-	0.005	0.02	-	-	E
Disulfoton	-	-	0.01	0.01	0.0001	0.0035	0.0007	-	E
Ditiano (1,4-)	-	-	0.4	0.4	0.01	0.4	0.08	-	D
Diuron	-	-	1	1	0.003	0.1	-	0.2	L
Endotal	0.1	0.1	0.8	0.8	0.007	0.25	0.05	-	N
Endrin	0.002	0.002	0.02	0.005	0.0003	0.01	0.002	-	D
Epicloroidrina (2)	Zero	TT2	0.1	0.1	0.002	0.07	-	0.3	B2
Etilbenzene	0.7	0.7	30	3	0.1	3	0.7	-	D
Etilene dibromide (EDB)(3)	Zero	0.00005	0.008	0.008	0.009	0.3	-	0.002	L
Glicole etilenico	-	-	20	6	2	70	14	-	D
Etilentiourea (ETU)	-	-	0.3	0.3	0.0002	0.007	-	0.06	B2
Fenamifos	-	-	0.009	0.009	0.0001	0.0035	0.0007	-	E

(1) Grado tecnico.
(2) Quando si usa epicloroidrina nei sistemi idropotabili, la combinazione (o il prodotto) della dose ed il livello del monomero non deve superare quella equivalente di un polimero a base di epicloroidrina contenente lo 0.01% del monomero dosato a 20 mg/L.
(3) 1,2-dibromoetano

Sostanze (pag. 5)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
Fluometuron	-	-	2	2	0.01	0.5	0.09	-	D
Fluorene (PAH)	-	-	-	-	0.04	1	-	-	D
Fonofos	-	-	0.02	0.02	0.002	0.07	0.01	-	D
Formaldeide	-	-	10	5	0.2	7	1		B11
Glifosato	0.7	0.7	20	20	2	70	-	-	D
Eptacloro	Zero	0.0004	0.01	0.01	0.0005	0.02	-	0.0008	B2
Eptacloro epossidico	Zero	0.0002	0.01	--	0.00001	0.0004	-	0.0004	B2
Esaclorobenzene	Zero	0.001	0.05	0.05	0.0008	0.03	-	0.002	B2
Esaclorobutadiene (2)	-	-	0.3	0.3	0.0003	0.01	-	0.09	L
Esaclorociclopentadiene	0.05	0.05	-	-	0.006	0.2	-	-	N
Esacloroetano	-	-	5	5	0.001	0.04	0.001	0.3	C
Esano (n-)	-	-	10	4	-	-	-	-	I
Esazinone	-	-	3	2	0.05	2	0.4	-	D
HMX3	-	-	5	5	0.05	2	0.4	-	D
Indeno[1,2,3,-c,d]pirene	-	-	-	-	-	-	-	-	B2
Isoforone	-	-	15	15	0.2	7	0.1	4	C
Isopropil metilfosfonato	-	-	30	30	0.1	3.5	-0.7	-	D
Isopropilbenzene	-	-	11	11	0.1	4	-	-	D
Lindano (4)	0.0002	0.0002	1	1	0.005	0.2	-	-	S
Malatione	-	-	0.2	0.2	0.07	2	0.5	-	S
Idrazide maleica	-	-	10	10	0.5	20	4	-	D
MCPA (5)	-	-	0.1	0.1	0.004	0.14	0.03	-	N
Metomil	-	-	0.3	0.3	0.025	0.9	0.2	-	E
Metossicloro	0.04	0.04	0.05	0.05	0.005	0.2	0.04	-	D
Metiletilchetone	-	-	75	75	0.6	20	4	-	D
Paration metile	-	-	0.3	0.3	0.0002	0.007	0.001	-	N

(1) Cancerogenicità in base all'esposizione ad inalazione.
(2) Documento di supporto per la determinazione degli effetti sulla salute dell'esaclorobutadiene ai fini della regolamentazione.
(3) HMX = octaidro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocina.
(4) Lindano = γ – esaclorocicloesano
(5) MCPA = acido 4(cloro-2-metossifenossi)acetico.

Sostanze (pag. 6)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
Metolacloro	-	-	2	2	0.1	3.5	0.7	-	C
Metribuzin	-	-	5	5	0.01	0.35	0.07	-	D
Acido monocloroacetico	0.03	0.061	0.2	0.2	0.01	0.35	0.07	-	I
Monoclorobenzene	0.1	0.1	4	4	0.02	0.7	0.1	-	D
Naftalene	-	-	0.5	0.5	0.02	0.7	0.1	-	I
Nitrocellulosa (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitroguanidina	-	-	10	10	0.1	3.5	0.7	-	D
Nitrofenolo p-	-	-	0.8	0.8	0.008	0.3	0.06	-	D
N-nitrosodimetilamina	-	-	-	-	-	-	-	0.7	B2
Oxamyl (Vydate)	0.2	0.2	0.01	0.01	0.001	0.035	-	-	N
Paraquat	-	-	0.1	0.1	0.0045	0.2	0.03	-	E
Pentaclorofenolo	Zero	0.001	1	0.3	0.03	1	-	0.03	B2
PFOA (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PFOS (4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenantrene (PAH)	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Fenolo	-	-	6	6	0.3	11	2	-	D
Picloram	0.5	0.5	20	20	0.02	0.7	-	-	D
Bifenile policlorinato (PCB)	Zero	0.0005	-	-	-	-	-	0.01	B2
Prometon	-	-	0.2	0.2	0.05	2	0.4	-	N
Pronamide	-	-	0.8	0.8	0.08	3	-	0.1	B2
Propaclor	-	-	0.5	0.5	0.05	2	-	0.1	L
Propazina	-	-	-	-	0.02	0.7	0.01	-	N
Profam	-	-	5	5	0.02	0.6	0.1	-	D
Pirene (PAH)	-	-	-	-	0.03	-	-	-	D
RDX (5)	-	-	0.1	0.1	0.003	0.1	0.002	0.03	C
Simazina	0.004	0.004	-	-	0.02	0.7	-	-	N
Stirene	0.1	0.1	20	2	0.2	7	0.1	-	C
2,4,5-T (Acido triclorofenossi-acetico)	-	-	0.8	0.8	0.01	0.35	0.07	-	D

(1) Regolamentazione finale per disinfettanti e sottoprodotti di disinfezione del 1998: il totale per i cinque acidi aloacetici è 0.06 mg/L.
(2) Il Documento sulle raccomandazioni per la salute relativo alla nitrocellulosa non comprende valori di HA e descrive questi composti come relativamente non tossici.
(3) Acido perfluorottanoico. Valore provvisorio per il breve termine 0.0004 mg/L.
(4) Perfluorottano Sulfonato. Valore provvisorio per il breve termine 0.0002 mg/L.
(5) RDX = esaidro -1,3,5-trinitro-1,3,5-triazina

Sostanze (pag. 7)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
2,3,7,8-TCDD (Diossina)	Zero	3E-08	1E-06	1E-07	1E-09	4E-08	-	2E-08	B2
Tebuthiuron	-	-	3	3	0.07	2	0.5	-	D
Terbacil	-	-	0.3	0.3	0.01	0.4	0.09	-	E
Terbufos	-	-	0.005	0.005	0.00005	0.002	0.0004	-	D
Tetracloroetano (1,1,1,2-)	-	-	2	2	0.03	1	0.07	0.1	C
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	-	-	3	3	0.01	0.4	-	0.02	L
Tetracloroetilene (1)	Zero	0.005	2	2	0.01	0.5	0.01	-	-
Acido tetracloroftalico	-	-	100	100	-	-	-	-	I
Triclorofluorometano	-	-	7	7	0.3	10	2	-	D
Toluene	1	1	20	2	0.08	3	-	-	I
Toxafene	Zero	0.003	0.004	0.004	0.0004	0.01	-	0.003	B2
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	0.05	0.2	0.2	0.008	0.3	0.05	-	D
Acido tricloroacetico	0.02	0.062	3	3	0.03	1	0.02	-	S
Triclorobenzene (1,2,4-)	0.07	0.07	0.1	0.1	0.01	0.35	0.07	-	D
Triclorobenzene (1,3,5-)	-	-	0.6	0.6	0.006	0.2	0.04	-	D
Tricloroetano (1,1,1-)	0.2	0.2	100	40	2	70	-	-	I
Tricloroetano (1,1,2-)	0.003	0.005	0.6	0.4	0.004	0.1	0.003	0.06	C
Tricloroetilene (1)	Zero	0.005	-	-	0.007	0.2	-	0.3	B2
Triclorofenolo (2,4,6-)	-	-	0.03	0.03	0.0003	0.01	-	0.3	B2
Tricloropropano (1,2,3-)	-	-	0.6	0.6	0.004	0.1	-	-	L
Trifluralin	-	-	0.08	0.08	0.02	0.7	0.01	0.4	C
Trimetilbenzene (1,2,4-)	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Trimetilbenzene (1,3,5-)	-	-	10	-	-	-	-	-	D
Trinitroglicerolo	-	-	0.005	0.005	-	-	0.005	0.2	-
Trinitrotoluene (2,4,6-)	-	-	0.02	0.02	0.0005	0.02	0.002	0.1	C
Vinil cloruro	Zero	0.002	3	3	0.003	0.1	-	0.002	H
Xilene	10	10	40	40	0.2	7	-	-	I

(1) in corso di aggiornamento.
(2) Regolamentazione finale per disinfettanti e sottoprodotti di disinfezione del 1998: il totale per i cinque acidi aloacetici è 0.06 mg/L.

Sostanze (pag. 8)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
INORGANICHE									
Ammoniaca	-	-	-	-	-	-	30	-	D
Antimonio	0.006	0.006	0.01	0.01	0.0004	0.01	0.006	-	D
Arsenico	Zero	0.01	-	-	0.0003	0.01	-	0.002	A
Amianto (fibre/l>10Fm lunghezza)	7 MFL (1)	7 MFL	-	-	-	-	-	700-MFL	A (2)
Bario	2	2	0.7	0.7	0.2	7	-	-	N
Berillio	0.004	0.004	30	30	0.002	0.07	-	-	-
Boro	-	-	3	3	0.2	7	6	-	I
Bromato	Zero	0.01	0.2	-	0.004	0.14	-	0.005	B2
Cadmio	0.005	0.005	0.04	0.04	0.0005	0.02	0.005	-	D
Clorammine (3)	44	44	-	-	0.1	3.5	3.0	-	-
Cloro	44	44	3	3	0.1	5	4	-	D
Biossido di cloro	0.84	0.84	0.8	0.8	0.03	1	0.8	-	D
Clorito	0.8	1	0.8	0.8	0.03	1	0.8	-	D
Cromo (totale)	0.1	0.1	1	1	0.0035	0.1	-	-	D
Rame (al rubinetto)	1.3	TT6	-	-	-	-	-	-	D
Cyanide	0.2	0.2	0.2	0.2	0.027	0.8	0.2	-	D
Fluoride	4	4	-8	-	0.069	-	-	-	-
Lead (al rubinetto)	Zero	TT6	-	-	-	-	-	-	B2
Manganese	-	-	1	1	0.1410	1.6	0.3	-	D
Mercurio (inorganico)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.0003	0.01	0.002	-	D
Molibdeno	-	-	0.08	0.08	0.005	0.2	0.04	-	D
Nichel	-	-	1	1	0.02	0.7	0.1	-	-

(1) MFL = million di fibre per litro.
(2) Cancerogenicità basata sull'esposizione ad inalazione.
(3) Monoclorammina, misurata come cloro puro.
(4) Regolamentazione finale per disinfettanti e sottoprodotti di disinfezione del 1998: MRDLG= Livello di disinfettante residuo massimo obiettivo.
(5) IRIS valore relativo al cromo VI.
(6) Livello di azione del rame 1.3 mg/L;livello di azione del piombo 0.015 mg/L.
(7) Questo RfD sta per cianuro di idrogeno.
(8) Nel caso di un eccesso di additivi di fluorizzazione vedi le Linee Guida relative alle Raccomandazioni Tecniche e Amministrative sulla fluorizzazione dell'acqua. Livelli elevati, F ≥ 10mg/L, richiedono l'intervento da parte degli operatori sul sistema idrico.
(9) Tiene conto della fluorosi dentale nei bambini, un effetto cosmetico. Il MCLG si basa sulla fluorosi scheletrica.
(10) Manganese alimentare. La Raccomandazione sanitaria relativa all'intera durata di vita comprende un fattore moltiplicativo pari a 3 volte, per rappresentare l'incremento di biodisponibilità nell'acqua potabile.

Sostanze (pag. 9)	Standard		Raccomandazioni sanitarie						Descrittore Cancero-genicità
			Bambino di 10 kg						
	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWFL (mg/L)	Life-time (mg/L)	Mg/L al 10^{-4} Cancer Risk	
Nitrato (come N)	10	10	101	101	1.6	-	-	-	-
Nitrito (come N)	1	1	11	11	0.16	-	-	-	-
Nitrato+Nitrito (entrambi come N)	10	10	-	-	-	-	-	-	-
Perclorato2	-	-	-	-	0.007	0.025	0.015	-	L/N
Selenio	0.05	0.05	-	-	0.005	0.2	0.05	-	D
Argento	-	-	0.2	0.2	0.0053	0.2	0.13	-	D
Stronzio	-	-	25	25	0.6	20	4	-	D
Tallio	0.0005	0.002	0.007	0.007	-	-	-	-	I
Fosforo bianco	-	-	-	-	0.00002	0.0005	0.0001	-	D
Zinco	-	-	6	6	0.3	10	2	-	I
RADIONUCLIDI									
Attività delle particelle beta e fotonica (precedentemente radionuclidi artificiali)	Zero	4mrem /yr	-	-	-	-	-	4mrem/yr	A
Attività complessiva delle particelle alfa	Zero	15 pCi/L						15 pCi/L	A
Combinazione di Radio 226 & 228	Zero	5 pCi/L	-	-	-	-	-	-	A
Radon	Zero	300 pCi/L AMCL 4 4000 pCi/L						150 pCi/L	A
Uranio	Zero	0.03	-	-	0.00065	0.02			A

(1) Questi valori sono calcolati per un neonato di 4 kg e sono conservativi per gli individui di tutte le età.
(2) Valore subcronico per donne in gravidanza.
(3) In base ad un effetto cosmetico.
(4) AMCL = Livello massimo di contaminanti alternativo.
(5) Sali di uranio solubili. Regola del radionuclide.

Regolamentazione accessoria sulle acque potabili

Sostanze	Numero CAS	Status	SDWR
Alluminio	7429-90-5	F	da 0.05 a 0.2 mg/L
Cloruro	7647-14-5	F	250 mg/L
Colore	NA	F	15 unità colorimetriche
Rame	7440-50-8	F	1.0 mg/L
Corrosività	NA	F	non-corrosivo
Fluoruro	7681-49-4	F	2.0 mg/L
Agenti schiumanti	NA	F	0.5 mg/L
Ferro	7439-89-6	F	0.3 mg/L
Manganese	7439-96-5	F	0.05 mg/L
Odore	NA	F	3 x livello soglia dell'odore
pH	NA	F	6.5 – 8.5
Argento	7440-22-4	F	0.1 mg/L
Solfato	7757-82-6	F	250 mg/L
Totale solidi disciolti (TDS)	NA	F	500 mg/L
Zinco	7440-66-6	F	5 mg/L

Microbiologia

	Status Reg.	Status HA Document	MCLG	MCL	Tecnica di trattamento
Cryptosporidium	F	F 01	-	TT	Sistemi di filtrazione devono rimuovere il 99% del Cryptosporidium
Giardia lamblia	F	F 98	-	TT	99.9% ucciso/disattivato
Legionella	F[1]	F 01	zero	TT	Senza limite; Secondo l'EPA, se la Giardia e i virus sono disattivati, anche la Legionella è sotto controllo
Conta degli eterotrofi su Agar (HPC)	F[1]	-	NA	TT	Non più di 500 colonie di batteri per millilitro.
Microbatteri	-	F 99	-	-	-
Coliformi totali	F	-	zero	5%	Non più del 5.0% del totale campioni positivo ai Coiformi in un mese. Ogni campione che ha un valore di Coliformi totali diverso da zero deve essere analizzato per individuare i coliformi fecali; non sono consentiti Coliformi fecali.
Torbidità	F	-	NA	TT	La torbidità non può mai superare le 5 NTU (Unità di Torbidità Nefelometrica)
Virus	F[1]	-	zero	TT	99.99% ucciso/disattivato

[1] Disciplinato nell'ambito della regolamentazione del trattamento delle acque superficiali

Tabella delle raccomandazioni per le acque potabili

Sostanze	Status	Valore basato sulla salute	Soglia di sapore	Soglia di odore
Ammoniaca	D '92	Non disponibile	30 mg/L	
Etere Butilico terziario Metilico (MtBE)	F '98	Non disponibile	40 µg/L	20 µg/L
Sodio	F '03	20 mg/L (per individui sottoposti ad una dieta povera di sodio, con limite di 500 mg/giorno).	30-60 mg/L	
Solfato	F '03	500 mg/L	250 mg/L	

Soglia di sapore: Concentrazione alla quale la maggior parte dei consumatori non avverte un sapore sgradevole dell'acqua potabile; è riconosciuto che alcuni individui sensibili possono rilevare la presenza di una sostanza a livelli inferiori a tale soglia.
Soglia di odore: Concentrazione alla quale la maggior parte dei consumatori non avverte un sapore sgradevole dell'acqua potabile; è riconosciuto che alcuni individui sensibili possono rilevare la presenza di una sostanza a livelli inferiori a tale soglia.

Organizzazione Mondiale della Sanità - 2008
Linee Guida sulla qualità delle acque potabili, inclusi i supplementi 1 e 2
Vol.1, Raccomandazioni. – terza edizione

Valori tratti dalle Linee Guida per le sostanze rilevanti per la salute nelle acque potabili

Sostanze	Valore tratto dalle Linee Guida[a] (mg/litro)	Commenti
Acrilamide	0.0005[b]	
Alaclhor	0.02[b]	
Aldicarb	0.01	Si applica all'aldicarb sulfosido e all'aldicarb sulfone
Aldrin e dieldrin	0.00003	Per aldrin e dieldrin in combinazione
Antimonio	0.02	
Arsenico	0.01 (P)	
Atrazina	0.002	
Bario	0.7	
Benzene	0.01[b]	
Benzo[a]pirene	0.0007[b]	
Boro	0.5 (T)	
Bromato	0.01[b] (A T)	
Bromodiclorometano	0.06[b]	
Bromoformio	0.1	
Cadmio	0.003	
Carbofurano	0.007	
Carbonio tetracloruro	0.004	
Clorato	0.7 (D)	
Clordano	0.0002	
Cluoro	5 (C)	Per una disinfezione efficace ci dovrebbe essere una concentrazione residua di cluoro libero ≥0.5 mg/litro dopo un tempo di contatto di almeno 30 min a pH < 8.0
Clorito	0.7 (D)	
Cloroformio	0.3	
Clorotolurone	0.03	
Clorpirifos	0.03	
Cromo	0.05 (P)	Per il cromo totale
Rame	2	Al di sotto del valore tratto dalle Linee Guida si potrebbero macchiare panni e sanitari
Cianazina	0.0006	
Cianuro	0.07	
Cloruro di cianogeno	0.07	Per il cianuro come composti cianogenici totali
2 4-D (2 4- acido diclorofenossiacetico)	0.03	Si applica all'acido libero
2 4-DB	0.09	
DDT e metabolite	0.001	
Di(2-etilessil)ftalato	0.008	
Dibromoacetonitrile	0.07	
Dibromoclorometano	0.1	
1 2-Dibromo-3-cloropropano	0.001[b]	
1 2-Dibromoetano	0.0004[b] (P)	
Dicloroacetato	0.05[b] (T D)	
Dicloroacetonitrile	0.02 (P)	
Diclorobenzene 1 2-	1 (C)	
Diclorobenzene 1 4-	0.3 (C)	
Dicloroetano 1 2-	0.03[b]	
Dicloroetene 1 2-	0.05	
Diclorometano	0.02	
1 2-Dicloropropano (1 2-DCP)	0.04 (P)	
1 3-Dicloropropene	0.02[b]	
Diclrprop	0.1	
Dimetoato	0.006	
Diossano 1 4-	0.05[b]	
Acido etetico (EDTA)	0.6	Si applica all'acido libero
Endrin	0.0006	
Epicloroidrin	0.0004 (P)	
Etillbenzene	0.3 (C)	
Fenoprop	0.009	
Fluoruro	1.5	Prima di stabilire gli standard nazionali si dovrebbero prendere in considerazione i volumi di acqua consumata e le immissioni da altre fonti
Esaclorobutadiene	0.0006	
Isoproturon	0.009	
Piombo	0.01	
Lindano	0.002	
Manganese	0.4 (C)	
MCPA	0.002	
Mecoprop	0.01	
Mercurio	0.006	Per il mercurio inorganico
Metossicloro	0.02	

Metolachlor	0.01	
Microcistine-LR	0.001 (P)	Per le microcistine-LR totali (libere e legate alle cellule)
Molinato	0.006	
Molibdeno	0.07	
Monoclorammina	3	
Monocloroacetato	0.02	
Nichel	0.07	
Nitrato (come $NO3^-$)	50	Esposizione a breve termine
Acido nitrilotriacetico (NTA)	0.2	
Nitrito (come $NO2^-$)	3	Esposizione a breve termine
Nitrito (come $NO2^-$)	0.2 (P)	Esposizione a lungo termine
N-Nitrosodimetilammina (NDMA)	0.1	
Pendimetalin	0.02	
Pentaclorofenolo	0.009b (P)	
Permetrin	0.3	Solo se utilizzato come larvicida per la tutela della salute pubblica
Pyriproxyfen	0.3	
Pyriproxyfen	0.3	Questo non deve essere considerato un valore di riferimento se il pyriproxyfen viene aggiunto all'acqua per la tutela della salute pubblica.
Selenio	0.01	
Simazina	0.002	
Sodio dicloroisocianurato	50	Come sodio dicloroisocianurato
Sodio dicloroisocianurato	40	Come acido cianurico
Stirene	0.02 (C)	
2 4 5-T	0.009	
Terbutilazina	0.007	
Tetracloroetene	0.04	
Toluene	0.7 (C)	
Tricloroacetato	0.2	
Tricloroetene	0.02 (P)	
Triclorofenolo	2 4 6-	0.2[b] (C)
Trifluralin	0.02	
Trialometani		La somma dei rapporti tra le concentrazione di ciascuno e il valore di riferimento non deve essere maggiore di 1
Uranio	0.015 (P T)	Sono interessati soltanto gli aspetti chimici dell'uranio
Vinil cloruro	0.0003[b]	
Xilene	0.5 (C)	

[a] P = valore di riferimento provvisorio, in quanto c'è evidenza di pericolo, ma le informazioni disponibili sugli effetti sulla salute sono limitate; T = valore di riferimento provvisorio, in quanto il valore calcolato è inferiore al livello che può essere raggiunto attraverso un metodo pratico di trattamento, protezione della fonte, ecc.; A = valore di riferimento provvisorio, in quanto il valore calcolato è inferiore ai limiti di rilevabilità raggiungibili; D = valore di riferimento provvisorio, in quanto la disinfezione può determinare il superamento di tale valore; C = concentrazioni della sostanza pari o al di sotto del livello di riferimento per la salute potrebbero influenzare l'aspetto, il sapore o l'odore dell'acqua, provocando lamentele da parte dei consumatori.

[b] Per le sostanze considerate cancerogene, il valore di riferimento rappresenta la concentrazione nell'acqua potabile associata ad un limite superiore di rischio di cancro nel corso della vita, per eccesso, pari a 10^{-5} (un ulteriore caso di cancro ogni 100 000 unità di popolazione che ingerisce acqua potabile contenente la sostanza al valore di riferimento per 70 anni). Concentrazioni associate ad un limite superiore di rischio di cancro nel corso della vita, per eccesso, pari a 10^{-4} e 10^{-6} possono essere calcolate moltiplicando e dividendo, rispettivamente, il valore di riferimento per 10.

CAPITOLO 6

Scelte Tecniche

6. SCELTE TECNICHE

6.1. (U.D. 1) Gestione Reattiva e Gestione Proattiva

I sistemi di approvvigionamento idrico urbano sono stati costruiti e si sono sviluppati per oltre cento anni, fino ad oggi. L'invecchiamento delle infrastrutture impone una nuova sfida alle aziende di gestione dei servizi idrici: mantenere e riabilitare il sistema nel un modo più efficiente. Il rapido sviluppo di altri servizi urbani (telecomunicazioni, trasporti ecc.) spinge il settore idrico verso un miglioramento del funzionamento dei sistemi di approvvigionamento dell'acqua, accrescendone affidabilità, disponibilità, sicurezza ed efficienza. E' necessario un miglioramento continuo delle pratiche operative. Come risultato, il settore idrico è costretto a cercare nuovi metodi avanzati per la gestione delle rotture e degli impianti (Misiunas, 2008).

Poiché la rottura delle tubazioni è diventato un evento frequente nei sistemi di approvvigionamento idrico urbano, la gestione delle rotture fa parte delle attività quotidiane relative ai sistemi e alle reti di condutture. In letteratura si fa riferimento ad una serie di metodologie; il numero delle tecniche di gestione dei guasti attualmente utilizzate nel settore idrico, ad ogni modo, non è così vasto. In base alla programmazione delle attività di gestione delle rotture, rispetto all'occorrenza delle stesse, possono essere definiti due tipi di strategia di gestione delle rotture nelle tubazioni:

- **Gestione Proattiva delle rotture:** quando le decisioni riguardo la riparazione/sostituzione delle tubazioni vengono prese prima che si verifichi la rottura, al fine di prevenirla;
- **Gestione Reattiva delle rotture:** quando la riparazione/sostituzione viene attuata solo dopo il verificarsi della rottura.

Il ciclo di gestione delle rotture è mostrato nella Fig. 6.1. Il costo di gestione delle rotture nelle tubazioni dipende molto dal tipo di tecniche e pratiche utilizzate. La scelta della tecnica di gestione della rottura dipende dallo stadio raggiunto nel processo di deterioramento del tubo. In genere, quanto più si considera una fase iniziale di deterioramento del tubo, tanto più le tecniche di ispezione applicabili sono complesse e costose (Misiunas, 2008).

La sostituzione di una tubazione prima del suo danneggiamento comporta i relativi costi di sostituzione e ogni altro costo associato alla nuova condotta, ma il mantenimento della condotta esistente espone a maggiori rischi di rottura, costi di riparazione crescenti, interruzioni del servizio e danni in genere (Christodoulou et al., 2010).

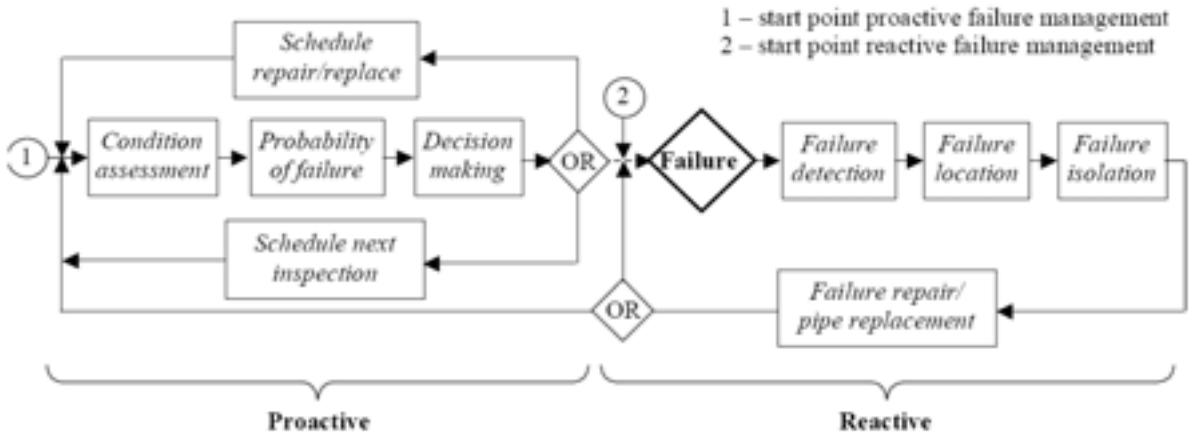


Figura 6.1 Il ciclo di gestione delle rotture nelle tubazioni (Misiunas, 2008)

6.2. (U.D. 2) Gestione della Pressione

Gli specialisti del controllo delle perdite idriche concordano sul fatto che la gestione attiva della pressione è alla base di una efficace politica di gestione delle perdite. Ma perché è così importante? Perché la portata con la quale l'acqua fuoriesce dalle tubazioni in una rete idrica è funzione della pressione applicata dalle pompe o dal carico dovuto alla gravità. C'è una relazione fisica tra la pressione e la portata delle perdite.

Questo principio può essere facilmente dimostrato ed applicato ai sistemi di distribuzione idrica. Si riempia, ad esempio, una bottiglia di plastica da due litri con dell'acqua. Se si fa un buco laterale verso il fondo, l'acqua zampillerà. Se poi si fa un buco verso la metà della bottiglia, l'acqua uscirà in maniera meno irruenta. Se si fa, quindi, un buco vicino alla sommità, si vedrà che l'acqua sgocciola semplicemente dal buco. Questa semplice dimostrazione è raffigurata nella Figura 6.2.

Figura 6.2. Il principio fondamentale della pressione (Pilcher et al., 2008)

I sistemi di distribuzione dell'acqua devono operare tra due limiti di pressione, un limite superiore che dipende dalla resistenza alla pressione dei tubi e degli accessori ed un limite inferiore per assicurarsi che l'acqua raggiunga le utenze con portate adeguate. Questi limiti forniscono una gamma di pressioni di funzionamento per una rete o parte di una rete. Minimizzare la pressione all'interno di questa gamma (assicurando i livelli minimi di servizio) può fornire alcuni importanti benefici, vale a dire riduzione di perdite e rotture.

L'area ombreggiata in grigio, nella Figura 6.3, rappresenta le pressioni che eccedono il livello minimo del servizio (in questo esempio 15 metri d'acqua) durante una giornata tipo.

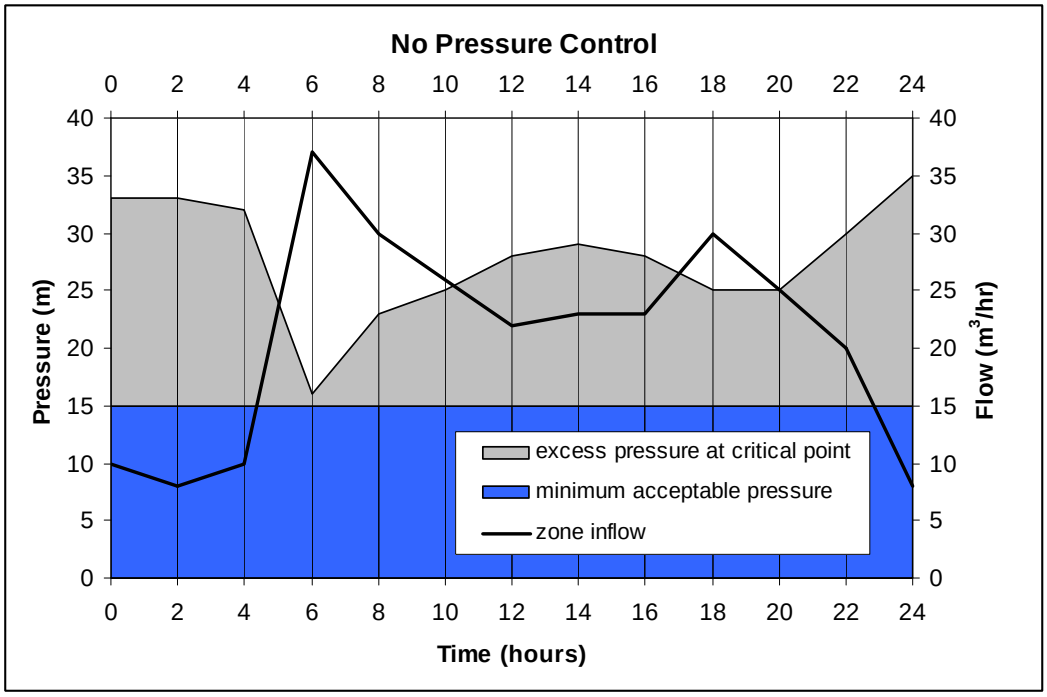


Figura 6.3 Pressioni in eccesso, in assenza di controllo della pressione

6.2.1. Benefici derivanti dalla gestione delle pressioni

È forse il caso di sottolineare i benefici pratici derivanti dalla gestione delle pressioni. La riduzione delle pressioni in eccesso (e delle eccessive variazioni della pressione) e dei picchi consente di:

- Ridurre il numero di nuove perdite e rotture ed i costi di riparazione
- Ridurre la portata di tutte le perdite esistenti
- Ridurre le perdite di 'sottofondo' (non rilevabili), perdite inevitabili
- Ridurre i consumi che dipendono dalla pressione
- Aiutare a differire la sostituzione di condotte principali e derivazioni (aumentare la qualità delle infrastrutture)
- Assicurare che siano rispettati i livelli minimi di servizio
- Identificare e minimizzare i picchi per ridurre la frequenza di nuove rotture.

Una riduzione dell'1% ridurrà il tasso corrente di perdite tra lo 0,55 e l'1,5% e, cosa più importante, una efficace gestione della pressione assicura ampi benefici, derivanti da un controllo attivo delle perdite (Thornton, 2003).

6.2.2. Gestione delle pressioni e consumi misurati

La maggior parte degli ingegneri che operano nel campo dei sistemi di distribuzione idrica apprezzano il fatto che con la riduzione delle pressioni si riduca la frequenza di nuove rotture e si possa influire sui flussi dalle perdite esistenti, ma sono incerti sul fatto che la riduzione delle pressioni possa influire sulla riduzione del consumi e, di conseguenza, sul fatturato dell'azienda di gestione. Qualsiasi dispositivo collegato alla rete fornirà portate ridotte in corrispondenza di pressioni ridotte.

E' importante che tutti gli aspetti pratici siano presi in considerazione prima dell'introduzione di un sistema di gestione delle pressioni. Per esempio:

- Le potenziali variazioni dei consumi e del fatturato dell'azienda di gestione
- I valori minimi richiesti per l'uso antincendio e i sistemi sprinkler automatici
- La capacità dei sistemi di irrigazione
- I potenziali problemi relativi a tubazioni cieche e qualità dell'acqua

6.2.3. Relazioni tra pressione e portata delle perdite – il concetto FAVAD

L'esempio relativo alla pressione sopra riportato è facilmente comprensibile, ma la relazione matematica che lega pressioni e perdite non è così semplice. L'equazione idraulica che esprime la portata (L) attraverso un foro di area A, soggetta alla pressione P è la seguente:

$L = C_d\ A\ (2\ g\ P)^{0.5}$

in cui C_d è il coefficiente di efflusso e g è l'accelerazione di gravità. Ad ogni modo, le aree effettive (C_d x A) di alcuni percorsi di flusso (sia perdite che consumi) possono variare con la pressione. Questo concetto, sviluppato da John May nel 1994, è conosciuto come concetto FAVAD (Fixed and Variable Area Discharge paths), ovvero dei percorsi di flusso ad area fissa e variabile. Tale concetto può essere utilizzato per spiegare la diversa natura delle relazioni tra pressione e perdite.
Per l'applicazione pratica del FAVAD esiste la "approssimazione N1", per cui la relazione tra portata della perdita e pressione è definita dall'equazione:

$L_1 / L_0 = (P_1 / P_0)^{N1}$, con L proporzionale a P^{N1}

dove L_1 ed L_2 sono le portate della perdita, che si verificano, rispettivamente, sotto le condizioni di pressione di P_1 e P_2. E' importante notare che l'equazione di previsione è influenzata dal rapporto tra le pressioni (P_1/P_0), non dalla differenza di pressione.

Il valore di N1 varia tipicamente tra 0,5 (perdite ad area fissa) e 1,5 (perdite ad area variabile) e in generale per le perdite da tubi metallici assumono valori di N1 vicini a 0,5, mentre per le piccole perdite (da giunzioni o apparecchiature accessorie) essi sono prossimi al valore massimo, pari a 1,5. La relazione tra pressione media e portata della perdita per una rete idrica abbastanza grande, con tubazioni miste di diversi materiali, è in genere approssimativamente lineare, con N1 = 1,0. La Figura 6.4 rappresenta le relazioni $L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N1}$

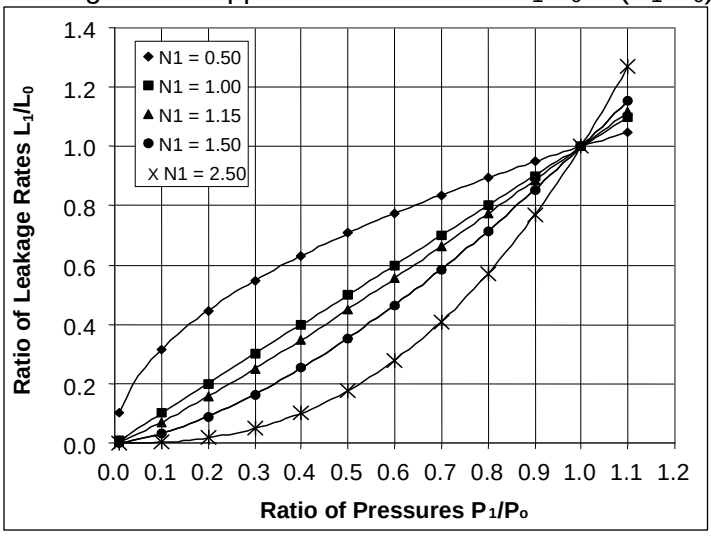


Figura 6.4. Le relazioni $L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N1}$ (Lambert, 2001)

La relazione matematica può essere semplificata per piccole riduzioni della pressione. Per piccole percentuali di riduzione della pressione, la percentuale di riduzione della portata della perdita è uguale a N1 moltiplicato per la riduzione percentuale della pressione media. Un esempio:

Se la percentuale di riduzione della pressione media è pari al 6% e si stima il valore N1 = 1,3 allora la percentuale di riduzione attesa del valore corrente di portata della perdita è:
N1 x (% diminuzione della pressione) = 1,3 x 6% = 7,8%.

Il valore di N1 può essere determinato, per un'area limitata, ad esempio un Distretto di Misura (DMA, District Meterd Area) con il metodo seguente:

- Si misurano le portate in ingresso
- Si registra la pressione nel punto medio di zona (AZP, Average Zone Point)
- Si registrano anche le pressioni nel punto di ingresso e nel punto critico
- Quando i flussi si avvicinano alle condizioni di stato stazionario, nelle prime ore della mattina, si riduce la pressione in ingresso in 3 fasi da 30 minuti e si misurano le variazioni di flusso e pressione
- Si calcolano i valori di N1 utilizzando un software
- Si sottrae il consumo d'utenza notturno legittimo dalle portate per determinare L_0, L_1, L_2, ecc., quindi si ricavano i corrispondenti valori AZP_0, AZP_1 e AZP_2
- Quindi si ha: $N1 = \ln (L_1/L_0) / \ln (AZP_1/ AZP_0)$ ecc.

Sarebbe opportuno procedere ad un test sul valore di N1 se si tratta della prima applicazione di un piano di gestione della pressione ed è necessario migliorare l'affidabilità delle previsioni. Altrimenti, si possono prefissare dei valori di N1 tra 0,5 e 1,5, quindi verificare se le differenze sono rilevanti ai fini del processo decisionale.

Un Report del 2003 della UKWIR (United Kingdom Water Industry Research), "Curva dell'indice di perdita ed effetti a lungo termine della gestione delle pressioni" fornisce raccomandazioni fondamentali per la previsione dell'effetto del controllo della pressione sulle perdite:

- Per zone vaste e per procedere a stime di larga massima, oppure dove non ci sono altre evidenze e l'elevata precisione dei risultati non è una priorità, si può utilizzare la relazione lineare tra pressione e portata
- Per zone meno vaste, oppure dove è richiesta maggior precisione, si dovrebbe utilizzare la legge di potenza (N1), con diversi valori dell'esponente in corrispondenza dei diversi livelli di perdita
- Quando è fondamentale avere la relazione precisa pressione-portata, dovrebbero essere eseguite misurazioni specifiche

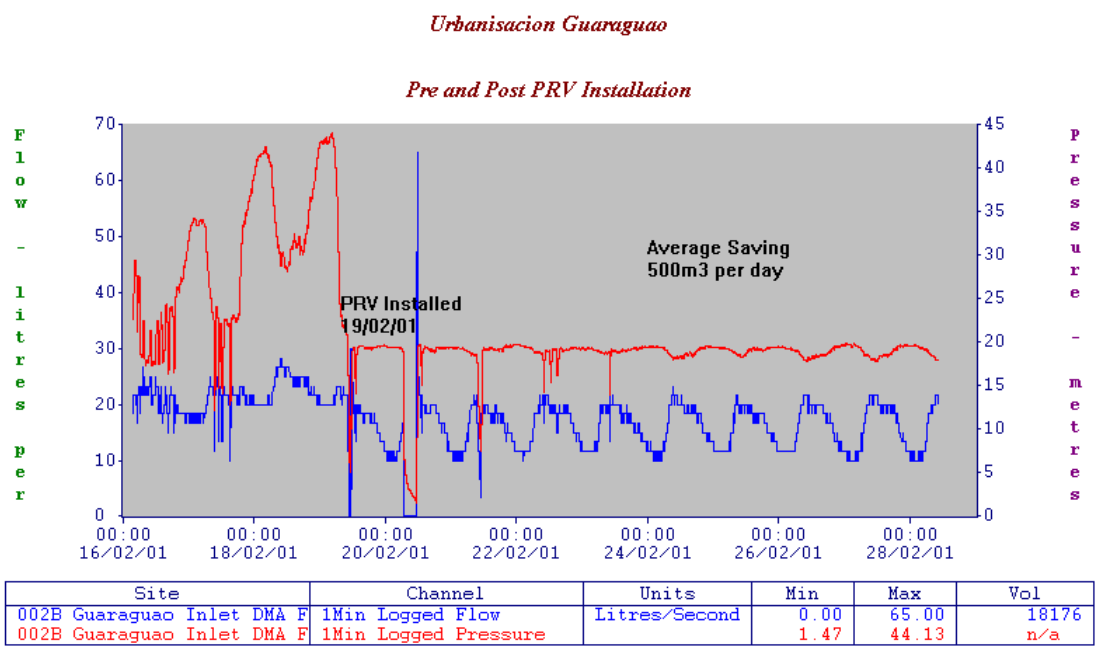
6.2.4. Individuare le opportunità di Gestione delle pressioni

Per determinare se un piano di gestione della pressione sia appropriato per un particolare sistema o per una parte del sistema si segue un processo logico. Il processo comprende quanto segue:

- Studio teorico (o uso di un modello idraulico) per identificare le potenziali zone
- Identificazione esaustiva delle tipologie e del numero di utenze nelle potenziali zone
- Misurazioni sul campo di portata e pressione (in corrispondenza dell'ingresso proposto, dell'AZP e del punto critico)

- Uso di tecniche di modellazione specialistiche per determinare i benefici tecnici
- Identificazione delle valvole di controllo appropriate
- Conduzione di un'analisi costi-benefici dettagliata

(a) Installazione di una valvola di riduzione della pressione (PRV)



Site	Channel	Units	Min	Max	Vol
002B Guaraguao Inlet DMA F	1Min Logged Flow	Litres/Second	0.00	65.00	18176
002B Guaraguao Inlet DMA F	1Min Logged Pressure		1.47	44.13	n/a

(b) Grafico che rappresenta portate e pressioni

Figura 6.5. Installazione di una valvola di riduzione della pressione (PRV) e impatto dell'introduzione di un piano di gestione delle pressioni su portate e pressioni (Pilcher et al., 2008)

6.2.5. Valvole di Riduzione della Pressione (PRV)

Lo schema di gestione della pressione più comune si basa sull'uso di PRVs (Pressure Reducing Valves). Queste sono strumenti inseriti nelle condutture e vengono usate per produrre una perdita di carico variabile che determina una pressione più bassa all'uscita delle stesse. Possono essere impiegati vari sistemi di controllo, che hanno come risultato una pressione in uscita più o meno fissa, oppure una pressione in uscita variabile (o modulata) in base a parametri di controllo quali portata, tempo e pressione misurata in un punto remoto (Figura 6.5).

Nel processo di selezione delle valvole di riduzione della pressione (PRV), ci sono numerose questioni che devono essere prese in considerazione:

- Idoneità – la valvola è adatta allo scopo?
- Affidabilità – la valvola ha prestazioni testate?
- Qualità – la valvola soddisfa gli standard richiesti?
- Manutenzione e funzionalità - che cosa richiede la casa produttrice?
- Standardizzazione – è conveniente affidarsi ad un unico fornitore?

6.2.6. Tre forme comuni di controllo della pressione

PRV a uscita fissa:

- Fornisce una pressione in uscita costante
- E' progettata per assicurare una pressione prestabilita nel punto critico in corrispondenza della potata massima
- Non elimina, di conseguenza, le pressioni in eccesso in tempi diversi

Comando di regolazione a tempo:

- Variazione della pressione in uscita dalla PRV per gradi in base a tempi specifici
- Rimozione degli eccessi di pressione (in particolare di notte)
- Semplice, a basso costo

Modulazione della portata:

- Pressione in uscita dalla PRV variabile in funzione dei profili di flusso e pressione nel punto critico
- Lo scopo è quello di raggiungere un profilo di pressione piatto nel punto critico
- Più complessa, costi più elevati.

6.2.7. Punto Medio di Zona (AZP, Average Zone Point)

L'AZP è il punto all'interno di una zona in cui si può assumere che la pressione sia vicina alla pressione media della zona stessa. L'AZP può essere identificato in base a:

- Conteggio delle utenze, degli idranti o lunghezza di condutture per fascia altimetrica, per identificare la quota media del terreno
- Modelli di analisi della rete

6.2.8. Fattore notte-giorno (NDF, Night-Day Factor)

La portata delle perdite varietà nelle 24 ore, al variare della pressione media di zona, mentre le stime si basano su misurazioni del flusso notturno. Esse devono essere convertine in portata giornaliera. Il fattore notte-giorno rappresenta, quindi, il rapporto tra la portata delle perdite notturne, in m^3/ora, ed la portata media delle perdite nelle 24 ore, in m^3/giorno. Per ottenere la portata media giornaliera a partire dalla portata delle perdite notturne, si moltiplica tale valore per il fattore NDF.
Per zone rifornite a gravità si ha NDF < 24 ore (Figura 6.6). Per i sistemi a pompaggio, o quelli con PRV con controllo a tempo o modulazione della portata, il fattore notte-giorno può superare le 24 ore (Figura 6.7). Il fattore NDF può essere calcolato a partire dalle pressioni misurate nel punto AZP. Il valore può essere influenzato dal valore di N1 utilizzato (FAVAD).

Per il calcolo del fattore NDF di un sistema:

- Si misura la pressione nel punto AZP per un periodo di 24 ore.
- Si inseriscono i valori delle medie orarie in un foglio elettronico di calcolo dell'NDF.
- Si seleziona un valore appropriato di N1, tra 0,5 e 1,5, quindi il software calcolerà il fattore NDF del sistema

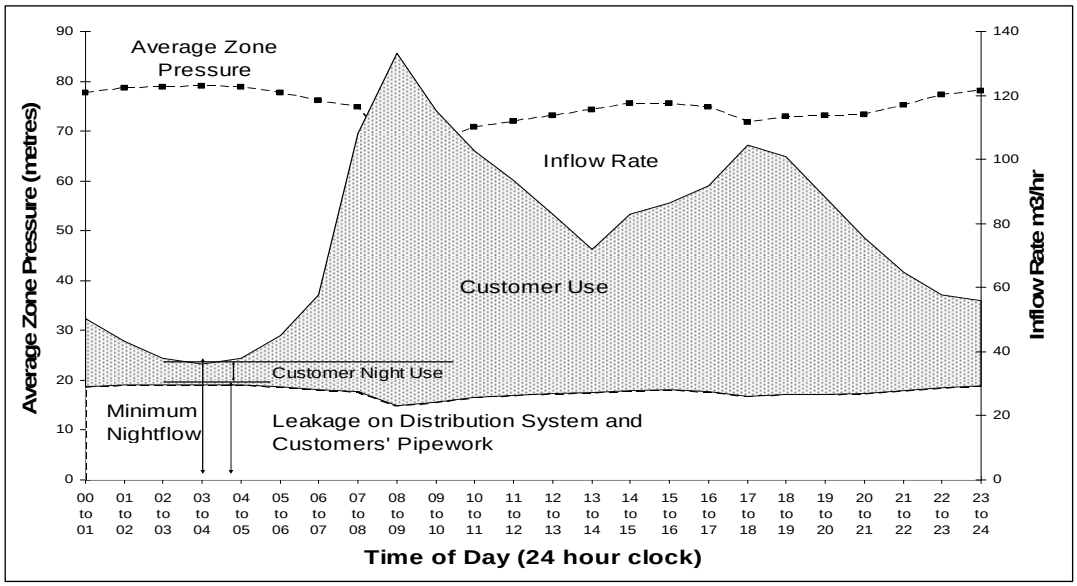


Figura 6.6. Variazione della portata delle perdite in funzione dell'AZP per un sistema a gravità, con NDF < 24 ore.

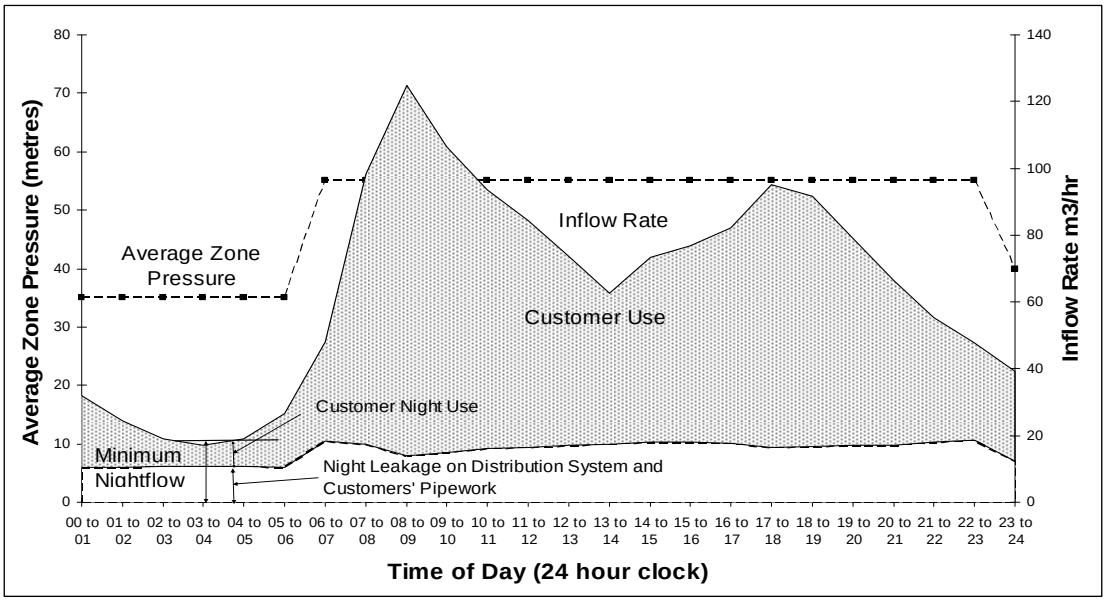


Figura 6.7. Variazione delle perdite in funzione dell'AZP per un sistema con controllo della pressione, con NDF > 24 ore (WSA/WCA, 1994)

6.3. (U.D. 3) Individuazione e quantificazione delle perdite

6.3.1. Ricerca perdite

L'attività nota come Ricerca Perdite è definita come "circoscrizione" o localizzazione di una o più perdite in una particolare sezione delle tubazioni in un sistema di distribuzione. In molti casi, ciò potrebbe corrispondere ad un'intera strada.

Nelle reti di distribuzione idrica, dove sono stati creati Distretti di misura (DMAs, District Metered Areas) o zone, è la misurazione di flussi al di sopra della norma (il più delle volte flussi notturni) che suggerisce all'ingegnere addetto alle perdite di organizzare un'attività ricerca perdite in una specifica parte della rete. Ci sono diverse tecniche per individuare dove si stanno verificando perdite in un sistema di distribuzione:

- La suddivisione dei DMA in aree più piccole, chiudendo temporaneamente delle valvole o installando sub-misuratori
- Uno "step test" tradizionale (o una variante di tale tecnica)
- L'utilizzo di rilevatori acustici come strumento di indagine
- Indagini sonore

Nel caso in cui i flussi non vengano misurati o monitorati, le perdite idriche possono essere controllate conducendo indagini regolari o casuali per l'individuazione delle perdite lungo una particolare sezione del sistema, dove si sospettano delle perdite o vi è uno storico di elevata frequenza di rotture. Tutte le tecniche di cui sopra vengono trattate nel dettaglio nelle sezioni successive.

Suddivisione dei DMA tramite valvole interne (tecniche di Step testing)

Lo step testing (verifica per fasi successive) è una tecnica tramite la quale una o più perdite vengono rilevate chiudendo in successione delle valvole per ridurre le dimensioni di un DMA o di un sottodistretto (in genere chiamato Zona di controllo della perdita) fino a comprendere, tipicamente, da 500 a 1500 derivazioni (Figura 6.8). Le valvole vengono chiuse per brevi periodi, da 5 a 10 minuti, registrando simultaneamente le misurazioni di portata. La riduzione di portata conseguente alla chiusura di una particolare valvola indica la perdita totale più il consumo notturno legittimo di quella sezione del sistema di distribuzione. Se la riduzione risultante è maggiore di quella prevista, in considerazione del numero e della tipologia di utenze nella sezione isolata, ciò fornirà un indicazione di perdita in quella sezione del sistema.

Gli step test vengono in genere condotti durante il periodo di Flusso Minimo Notturno (spesso tra le 02:00 e le 04:00 del mattino). L'esecuzione di tali test in quell'orario evita di causare problemi di fornitura alla maggior parte degli utenti.

Uno step test deve essere pianificato attentamente, in modo che possa essere successivamente eseguito e completato durante il periodo di flusso minimo notturno. Di conseguenza, va considerato attentamente il numero delle valvole sulle quali si deve operare (Figura 6.9). La dimensione relativa delle singole fasi (step) dipende dalla dimensione della zona di controllo delle perdite. Una fase che coinvolge approssimativamente 150 derivazioni d'utenza potrebbe essere appropriata in una zona urbana con 1500 derivazioni complessive. In termini pratici, non è consigliabile avere meno di 10 fasi, ma ciò potrebbe essere determinato dal numero e dalla posizione della valvole da utilizzare durante il test (Figura 6.10).

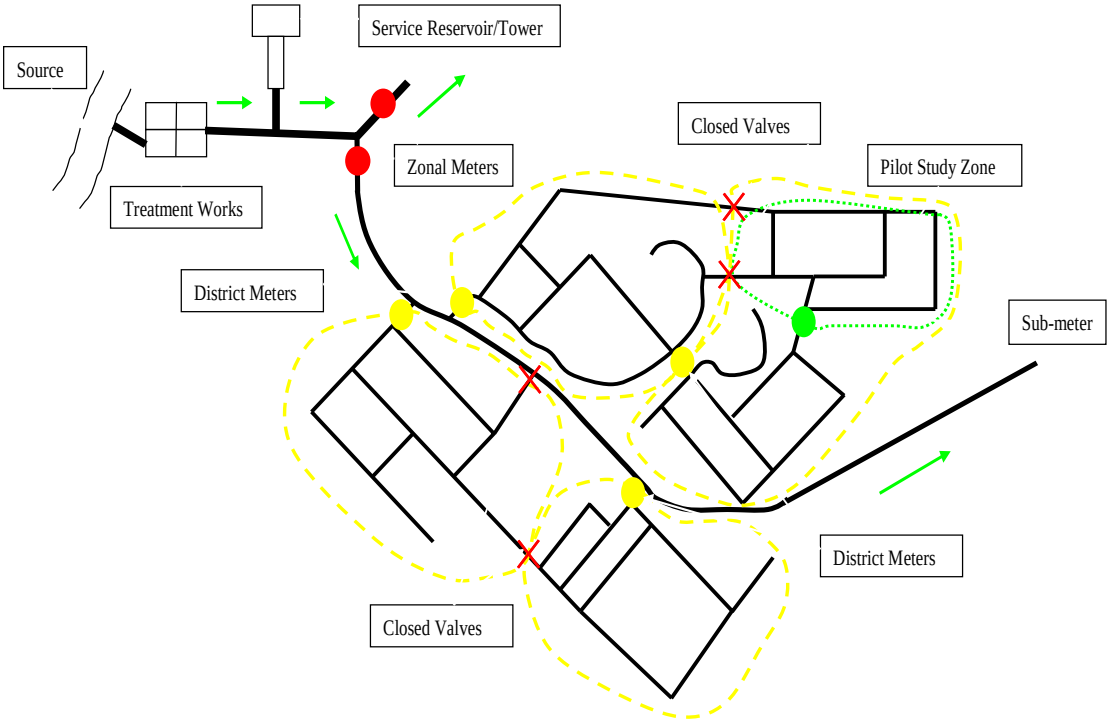


Figura 6.8 Layout di distretti e sottodistretti (Pilcher et al., 2008)

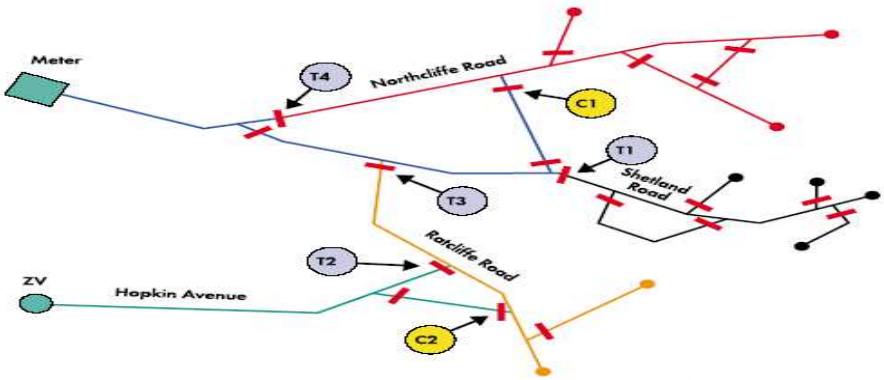


Figure 6.9 Un tipico piano di step test (Pilcher et al., 2008)

Ci sono due metodi principali per l'esecuzione di uno step test:

1. Il Metodo dell'isolamento
2. Il Metodo chiusura e apertura

Il Metodo dell'isolamento

Questo metodo consiste nella chiusura successiva delle valvole nella zona di controllo delle perdite, iniziando dal punto più lontano dal misuratore. L'isolamento della prima sezione significa che una minor parte della zona è servita dal contatore. La sequenza di chiusura delle valvole è eseguita progressivamente a ritroso verso il contatore, dove la portata dovrebbe scendere a zero.

Anche se con questo metodo le potenziali perdite vengono identificate, c'è uno svantaggio consistente. Il sistema viene depressurizzato per un breve periodo e c'è il potenziale rischio di inversione del flusso o di infiltrazione di acque sotterranee in una sezione della conduttura che perde quando è in pressione.

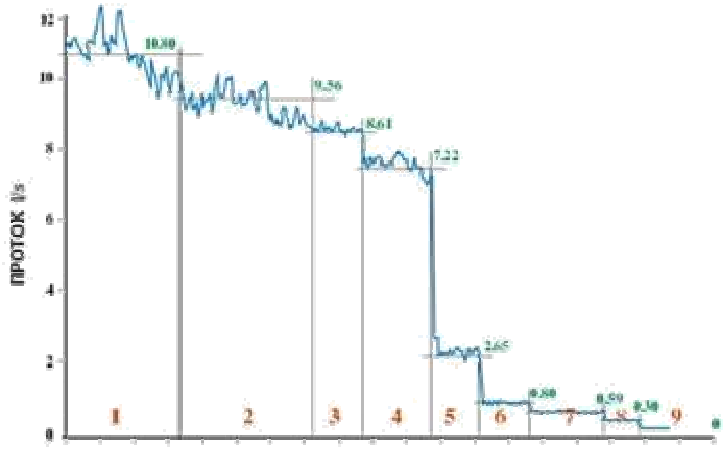


Figura 6.10 Il modello di riduzione delle portate di uno step test (Pilcher et al., 2008)

Il Metodo chiusura e apertura

Questo metodo consiste nella chiusura delle valvole, per isolare ogni singola fase, e – una volta che la riduzione del flusso è stata registrata – la riapertura delle stesse. Questo metodo evita che parti del sistema siano chiuse e senz'acqua per qualche periodo ma ha lo svantaggio che la riduzione delle portate in alcune fasi può comprendere il flusso di ricarico dalle fasi precedenti, rendendo l'interpretazione più difficile.

Caratteristiche del rumore delle perdite idriche

L'acqua che fuoriesce da una condotta in pressione generalmente emette un suono entro un certo spettro di frequenze e, nella maggior parte dei casi, produce quello che può essere descritto come suono "sibilante". Ogni singola perdita produce la propria specifica distribuzione di frequenze del rumore, in funzione di fattori quali:

(i) il tipo e la dimensione della perdita
(ii) il materiale dei tubi
(iii) la pressione del sistema
(iv) la natura del terreno in cui l'acqua viene dispersa

Il rumore della perdita viaggia attraverso la parete del tubo ad una velocità che dipende sia dalle caratteristiche del materiale del tubo che dall'acqua. Questo rumore può viaggiare anche attraverso il terreno che circonda la tubazione. Allontanandosi dalla perdita, le frequenze del rumore possono cambiare a causa delle cavità presenti nel terreno o di altri tubi e cavi interrati. Va detto che non tutte le perdite producono un suono rilevabile ed è necessario impiegare tecniche diverse.

Il tecnico delle perdite dovrebbe essere consapevole che oltre al rumore causato da una perdita da un tubo o da un accessorio, ci sono molti altri rumori nelle tubazioni, causati da:

- Consumo di acqua
- Pompe

- Valvole di riduzione della pressione
- Misuratori meccanici di zona
- Valvole parzialmente chiuse
- Accessori lungo le tubazioni, ad es. raccordi
- Interferenze elettriche

Tutti i rumori di cui sopra si aggiungono alle difficoltà insite nell'individuazione e localizzazione di una perdita. In molti sistemi, la ricerca perdite viene condotta durante la notte, quando i consumi d'utenza sono ai livelli minimi e le pressioni sono in genere ai valori massimi.

Rilevazione acustica (Registrazione del rumore)

La rilevazione delle perdite o la loro localizzazione tramite lo step test è stata progressivamente sostituita dalla rilevazione acustica durante gli anni '90. Il vantaggio della rilevazione acustica sta nel fatto che essa non richiede la presenza fisica di operatori per isolare le diverse parti del sistema di distribuzione durante la notte, e che i rilevatori possono captare rumori non udibili all'orecchio umano. Inoltre, la rilevazione acustica può risultare particolarmente utile nelle aree in cui il lavoro notturno è considerato pericoloso, ad esempio nei grandi centri urbani.

Molti aziende idriche hanno una politica di sviluppo e utilizzo dei DMA combinata con la gestione della pressione, come attività principali alla base dei loro programmi di riduzione delle perdite reali. Ora, nel 21° secolo, la rilevazione acustica sta diventando la risposta di prima linea, da parte degli operatori, all'incremento delle portate notturne all'interno di un DMA. I rilevatori acustici prodotti all'inizio degli anni 2000 hanno superato alcune delle difficoltà dei modelli precedenti, assicurando ad esempio maggior durata delle batterie (fino a 10 anni), peso inferiore e dimensioni ridotte, rendendoli così adatti anche per gli alloggiamenti più piccoli. Essi vengono spesso forniti in valigette portatili che contengono fino a 15 rilevatori e sono di facile impiego. Molti operatori sostengono che l'utilizzo dei rilevatori acustici abbia reso la ricerca perdite più efficiente e, di conseguenza, diminuito i costi di riduzione delle perdite. Ad ogni modo, ci sono situazioni in cui uno step-test risulta più appropriato, ad esempio la localizzazione di una perdita che produce poco o nessun rumore, o l'individuazione della posizione di un'utenza sconosciuta.

Principi della rilevazione acustica

Il rilevatore acustico individua un segnale derivante dalla trasmissione del rumore provocato da una perdita lungo la conduttura, come onda di pressione che si propaga sia nell'acqua che attraverso la parete della condotta stessa. Similmente ai correlatori perdita-rumore, i rilevatori acustici incorporano un sensore accelero metrico, sono adatti alla maggior parte delle situazioni e sono facilmente utilizzabili posizionandoli in corrispondenza di accessori quali saracinesche o idranti antincendio.

L'applicazione dei rilevatori acustici nei sistemi di distribuzione

I rilevatori acustici vengono comunemente utilizzati in un'area delimitata, come un DMA o una parte di un DMA (Zona di controllo della perdita), dove si sospetta l'esistenza di potenziali perdite a seguito della misurazione del flusso minimo notturno. Questo rappresenta un metodo efficiente di rilevazione o localizzazione delle perdite e può essere utilizzato in qualsiasi tipo di rete di distribuzione. L'accurata individuazione di una o più perdite permette alle squadre che utilizzano i dispositivi di rilevazione di localizzarle con precisione ed eseguire nel punto corrispondente gli scavi per la riparazione delle stesse.

I rilevatori acustici o registratori del rumore vengono installati in punti direttamente accessibili, quali idranti o valvole, tramite una potente calamita, e sono programmati per l'ascolto delle caratteristiche delle perdite. In genere, il rumore viene registrato e archiviato ad intervalli di un

secondo per un periodo di due ore, durante la notte, quando il rumore di sottofondo è generalmente inferiore. Registrando ed analizzando l'intensità e la consistenza del rumore, ogni rilevatore indica la presunta presenza (o assenza) di una perdita. La tecnica sfrutta semplicemente il principio fondamentale secondo cui più forte è il rumore, più il rilevatore si trova vicino alla perdita. Il rumore generato da una perdita tende ad avere un'ampiezza o intensità ragionevolmente costanti. I dati possono essere scaricati e valutati sul posto o trasportati in ufficio per essere analizzati al Computer. I rilevatori acustici possono essere sia installati in maniera permanente lungo la rete che impiegati in certi punti per un periodo di tempo definibile dall'utente, ad esempio due notti.

La Figura 6.11 mostra un rilevatore acustico e le sue modalità d'impiego. I rilevatori posizionati nell'ambito di una porzione della rete procedono all'identificazione del rumore registrato derivante da una perdita, seguita da un confronto dell'ampiezza del rumore nelle diverse posizioni, per determinare la posizione approssimativa di una o più perdite. La figura 6.12 mostra una tipica disposizione dei rilevatori in un sistema di distribuzione. I rilevatori di rumore di ultima generazione hanno anche la possibilità di comunicare via SMS o radio, per una maggiore flessibilità di impiego. Questo consente una comunicazione bidirezionale e garantisce un uso efficiente dei rilevatori con funzionamento permanente.

Figura 6.11 Un rilevatore acustico e le sue modalità d'impiego

Ci sono numerosi fattori che possono avere impatto sull'efficienza della rilevazione acustica delle perdite, tra cui:

- i consumi idrici
- la pressione del sistema
- il materiale dei tubi (la ghisa sferoidale consente una buona propagazione del rumore, mentre nei tubi di plastica essa è scarsa)
- il diametro del tubo (i tubi di diametro più piccolo producono più rumore a seguito di una perdita rispetto a quelli con diametro maggiore)
- la presenza di altri rumori lungo la rete
- la dimensione della perdita: un foro più piccolo in una tubazione determinerà un rumore più forte rispetto ad un foro più grande

Figura 6.12 Disposizione dei rilevatori acustici in un sistema di distribuzione (Kazantzis et al., 2003)

Identificazione di una potenziale perdita

Un buon rumore derivante da una perdita è associato a un rumore stazionario concentrato, tipicamente con un elevato livello di decibel di picco ed una bassa dispersione del rumore. I risultati della rilevazione provenienti da un'area non dovrebbero essere analizzati in maniera isolata ma essere messi a confronto uno con l'altro, allo scopo di determinare la significatività del rumore della potenziale perdita. Le figure 6.13 e 6.14 rappresentano stampe dell'output di un rilevatore acustico che indicano, rispettivamente, una potenziale perdita e nessuna perdita. Una dispersione generale ad ampio spettro, senza picchi definiti, è la norma quando non sono presenti perdite.

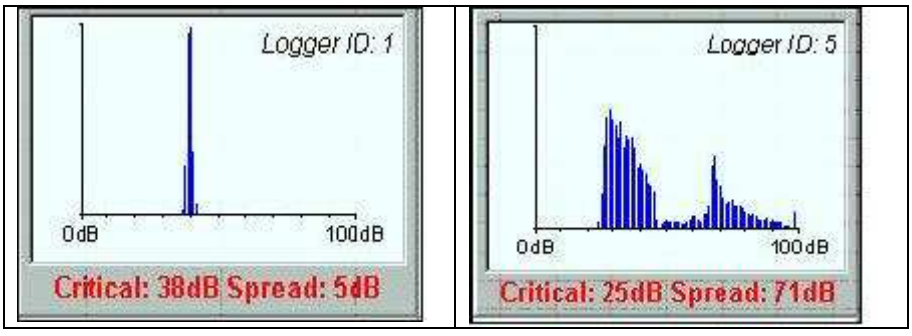


Figura 6.13 Stampa dell'output di un rilevatore acustico che indica una potenziale perdita

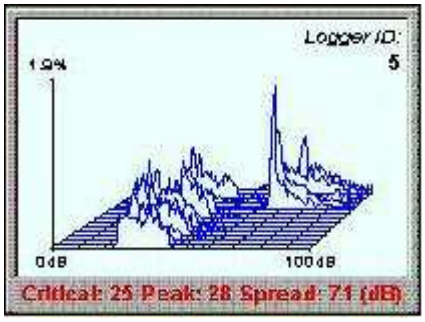


Figura 6.14 Stampa dell'output di un rilevatore acustico
che indica assenza di perdite

Indagini regolari o casuali

In assenza di zonizzazione o DMA, la prima fase di una ricerca perdite può essere un'indagine sonora con un'astina di amplificazione tradizionale, un geofono elettronico oppure una "spazzata" sistematica con l'utilizzo di rilevatori acustici. I correlatori perdita-rumore o i microfoni a terra vengono in seguito utilizzati per localizzare la posizione esatta della perdita.

Questo sistema, abitualmente impiegato per le indagini sonore, richiede tempi lunghi e non è molto efficiente in termini di identificazione di aree con potenziali perdite. Il tecnico delle perdite si trova spesso a ricercare perdite in sezioni della rete in cui esse non esistono. In ogni caso, delle indagini regolari assicurano un'ispezione sistematica del sistema e possono consentire anche l'individuazione di altri problemi.

6.3.1. Tecniche di localizzazione acustica delle perdite

Dopo un'efficace attività di ricerca perdite in un DMA o in una zona, tramite rilevatori acustici o uno step-test, la fase successiva è la localizzazione o individuazione puntuale della posizione della perdita. L'attività di localizzazione della perdita si concentrerà su sezioni particolari del DMA, dove si ritiene che siano situate le sospette perdite. Se non si è intrapresa alcuna attività di ricerca perdite, l'indagine per la localizzazione della perdita può essere condotta sull'intero DMA. Sebbene questo metodo possa essere meno efficiente, esso assicura una ricerca sistematica sul DMA e può benissimo condurre all'identificazione di problemi diversi dalle perdite. Questo metodo risulta particolarmente utile quando un DMA viene reso operativo per la prima volta.

Ci sono diversi metodi che possono essere utilizzati per individuare con precisione perdite o rotture e man mano che vengono sviluppate nuove strumentazioni, le tecniche cambiano ed evolvono. E' anche vero che alcuni strumenti utilizzati per la localizzazione delle perdite funzionano meglio di altri in alcuni sistemi di distribuzione, piuttosto che in altri. Nessuno dei metodi descritti in questo capitolo è totalmente infallibile e la competenza e motivazione/ esperienza dell'operatore nell'individuazione delle perdite non devono essere sottovalutate. Tutti i metodi d'indagine descritti fanno affidamento sul fatto che le perdite producano rumore, con l'eccezione dei radar a terra e di una tecnica che fa uso di gas per il tracciamento delle perdite.

Rilevamento sonoro diretto e indiretto

Il metodo più comune per determinare la posizione di una perdita è tramite il rilevamento sonoro diretto. L'ingegnere, tecnico delle perdite, ascolta le caratteristiche del rumore prodotto dalla perdita posizionando un dispositivo per l'ascolto su un accessorio, come una saracinesca, un idrante o un rubinetto d'arresto.

Il rilievo sonoro in superficie, o indiretto, è un metodo secondo cui l'ascolto acustico viene effettuato in superficie, direttamente sopra il tracciato della conduttura, al fine di determinare la localizzazione dell'intensità massima del rumore. Il rumore più intenso si rileva spesso proprio sopra la perdita e questo è un metodo per verificarne la posizione esatta utilizzando una tecnica alternativa.

Strumenti utilizzati per le indagini

Esiste un'ampia varietà di strumenti utilizzati per la localizzazione delle perdite attraverso il rumore prodotto da una perdita o da una rottura. Ci sono alcuni strumenti tradizionali che vengono ancora comunemente utilizzati per la localizzazione delle perdite e una varietà di metodi elettronici che sono stati sviluppati negli ultimi 20 anni. Gli strumenti più comunemente utilizzati per le indagini sonore sono:

- Stetoscopio o astina di amplificazione
- Rilevatori elettronici di perdita
- Microfoni a terra
- Correlatori perdita-rumore
- Correlatori digitali

Astina di amplificazione e geofono elettronico

Lo stetoscopio, o astina di amplificazione, ha rappresentato per molti anni uno strumento acustico fondamentale, economico ma resistente ed affidabile. Nella maggior parte dei casi, è il primo tipo di apparecchiatura che il tecnico delle perdite utilizza nel tentativo di localizzare una perdita. Le astine di amplificazione sono disponibili in varie forme e dimensioni e possono essere fatte di diversi tipo di legno o metallo. Questo strumento è molto semplice da usare – un'estremità viene posizionata su un accessorio, come una saracinesca o un rubinetto d'arresto, mentre l'altra estremità viene portata vicino all'orecchio. Il rumore della perdita viene trasferito dall'accessorio all'orecchio. Le astine di amplificazione possono essere realizzate in una vasta gamma di materiali. Quelle originali erano fatte di legno. Si possono avere astine di amplificazione con struttura telescopica, così da poter essere utilizzate per rilevazioni sonore sopra le chiavi delle valvole. Gli stetoscopi possono essere utilizzati sia per il rilevamento sonoro diretto che per quello indiretto. E' importante notare che l'efficacia d'uso di un'astina di amplificazione fa affidamento sul fatto che l'operatore abbia buone capacità uditive. La Figura 6.15 mostra un tecnico delle perdite che effettua un rilievo sonoro con un'astina di amplificazione tradizionale.

Figura 6.15 Un tecnico delle perdite che utilizza un'astina di amplificazione tradizionale (Pilcher et al., 2008)

La versione elettronica dell'astina di amplificazione consiste, in genere, in un microfono, un amplificatore ed una combinazione di filtri di frequenza. L'uscita dell'amplificatore viene interfacciata con un display portatile e delle cuffie che riducono in maniera determinante il rumore di sottofondo. I sistemi moderni sono di facile utilizzo e di solito sono equipaggiati con un treppiedi accessorio, da utilizzare su superfici dure, una sonda manuale, per l'utilizzo su terreni soffici, o per l'uso diretto su un accessorio. Quindi, questa strumentazione può essere utilizzata sia per il rilevamento sonoro diretto o che indiretto delle perdite.

Sia la versione tradizionale che quella elettronica sono ancora ampiamente impiegate dalla maggior parte degli ingegneri delle perdite per:

- Indagini regolari o casuali su un sistema o parte di esso, come un DMA, tramite rilevamento sonoro su tutti gli accessori
- Indagini di rilevamento sonoro limitate a valvole e idranti
- Conferma della posizione di una perdita trovata con altri strumenti, per esempio tramite correlatore perdita-rumore o microfono a terra

Il microfono a terra

Un microfono a terra è uno strumento per la localizzazione delle perdite di facile utilizzo sia per il rilevamento sonoro diretto che per quello indiretto. Può essere utilizzato per localizzare le perdite posizionandolo su degli accessori, quali le saracinesche, per mezzo di calamite, o essere utilizzato sulla superficie del terreno direttamente sopra ad una conduttura. In questa tecnica di rilevamento sonoro indiretto, il microfono a terra viene spostato seguendo la superficie del terreno, con l'operatore che nota i cambiamenti nell'amplificazione del suono man mano che il microfono si avvicina alla posizione della perdita. Ci sono versioni dello strumento fornite di apposito display, che facilita il lavoro dell'operatore. Inoltre, molti operatori utilizzano delle cuffie, per ridurre o escludere completamente rumori estranei di sottofondo. La Figura 6.16 mostra un tecnico delle perdite che utilizza un microfono a terra. Questo strumento viene spesso impiegato per confermare l'esatta posizione di una perdita che è già stata localizzata tramite un correlatore perdita-rumore, per assicurare che il sito di scavo per la riparazione venga identificato accuratamente.

Figura 6.16 Un tecnico delle perdite che utilizza un microfono a terra (Pilcher et al., 2008)

Il principio della correlazione perduta-rumore

Il correlatore perdita-rumore è simile alla strumentazione acustica tradizionale, facendo anch'esso affidamento sul rumore generato da una perdita in una condotta interrata. Ad ogni modo, la differenza fondamentale sta nel fatto che, con il processo di correlazione perdita-rumore, il rumore viene captato da sensori installati in due postazioni, per esempio posizionati su due accessori, tipo saracinesche, lungo la condotta, ai due lati opposti rispetto alla sospetta perdita. Il rumore, sotto forma di piccole vibrazioni, si propaga dalla perdita in entrambe le direzioni, lungo la parete del tubo e ad una velocità costante. Questa velocità dipende dal diametro e dal materiale del tubo. Il rumore della perdita arriva prima al sensore più vicino alla perdita. La differenza tra i due tempi di arrivo, in combinazione con la conoscenza del tipo di tubo e della distanza (tra i due sensori), consente al correlatore di calcolare la posizione della perdita. A seconda delle condizioni locali, la precisione nella localizzazione della perdita può essere dell'ordine di alcuni di centimetri. Questo principio di correlazione è mostrato graficamente nella figura 6.17.

La formula fondamentale della correlazione è la seguente:

$$L = \frac{D - (V * T_d)}{2}$$

In cui L indica la posizione della perdita, D è il diametro del tubo, V è la velocità del suono che si propaga attraverso il tubo e T_d è la differenza tra i due tempi di arrivo.

E' anche possibile una correlazione tramite il rumore che si propaga attraverso l'acqua lungo la condotta, collegando degli idrofoni, che rilevano direttamente la propagazione del suono nell'acqua, agli idranti o accessori simili. Il rumore si propaga attraverso l'acqua come un'onda di pressione e ciò può condurre a risultati più accurati.

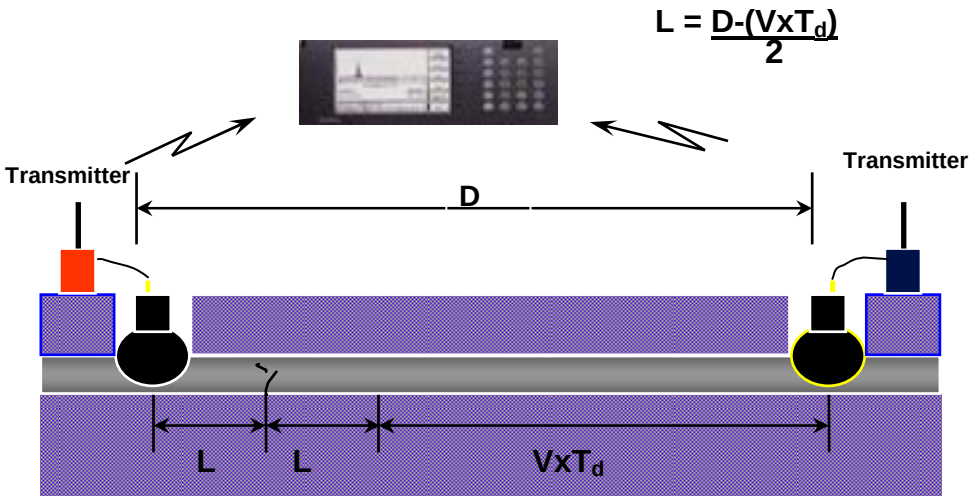


Figura 6.17 Il principio della correlazione perdita-rumore (Pilcher et al., 2008)

Il correlatore analogico

Lo sviluppo del correlatore perdita-rumore ha introdotto un miglioramento cruciale nelle attività di localizzazione delle perdite. Negli anni ’80 il correlatore è progredito con l’introduzione delle connessioni radio, che garantiscono maggior facilità di impiego e rendono il processo di localizzazione delle perdite più veloce. Durante gli anni ’80 e ’90 i segnali di perdita venivano ripetutamente amplificati e filtrati, la loro risoluzione veniva ridotta per consentirne la trasmissione, quindi veniva trasmesso un segnale analogico in continuo, della massima potenza possibile, in radiofrequenza. Questo approccio è sostanzialmente immutato, ad oggi, con l’impiego dei correlatori analogici.

Inoltre, nel corso degli ultimi circa 20 anni, il correlatore si è evoluto passando dalle dimensioni di una grande cassa, che richiedeva due persone e mezza giornata per trovare la perdita, ad uno strumento che sta quasi nel palmo della mano dell’operatore e impiega pochi minuti per individuare una perdita con precisione.

Il correlatore digitale

Il primo correlatore digitale è stato sviluppato dalla Flow Metrix Inc. alla fine degli anni ’90 ed è stato introdotto nel mercato solo all’inizio del 21° secolo. La figura 6.18 mostra il moderno correlatore in uso. Il correlatore digitale offre i seguenti vantaggi rispetto al suo predecessore analogico:

- Prestazioni superiori nella localizzazione delle perdite per qualsiasi tipo di materiale (in particolare la plastica) e dimensione delle tubazioni
- Velocità e facilità di impiego, soprattutto per gli operatori meno esperti
- Tecniche avanzate di elaborazione dei segnali
- Assenza di interferenze o perdita di dati nelle trasmissioni radio digitali

Figura 6.18 Il moderno correlatore in uso (Pilcher et al., 2008)

I differenti livelli dei correlatori perdita-rumore

Le ditte produttrici mettono a disposizione correlatori perdita-rumore di diverso livello di sofisticazione e prezzo, spesso indicati come correlatori di livello base, livello medio e livello avanzato.
Livello base: questi correlatori sono abbastanza semplici, hanno solo poche funzioni ma sono facili da usare. Hanno soltanto un singolo canale di collegamento radio, che potrebbe rappresentare un problema quando si fa una correlazione a lunga distanza.
Livello medio: ci sono più funzioni a disposizione dell'operatore, ma questo tipo di correlatore è ugualmente facile da usare. Questa gamma di correlatori permette agli operatori di trovare la maggior parte dei tipi di perdita.
Livello avanzato: per far funzionare questo tipo di correlatore serve un tecnico esperto e ben formato. Ha funzioni avanzate e con la correlazione di tipo Tri è possibile trovare le perdite più difficili sulle reti. E' disponibile una versione con elaboratore portatile, che rende questo tipo di correlatore il più costoso.

Utilizzo del correlatore perdita-rumore

Il correlatore perdita-rumore, sia di tipo analogico che digitale, offre due modalità di impiego:

- Come strumento per la ricerca perdite, utilizzato dall'operatore durante un'indagine via per via, per localizzare una perdita in una certa sezione della rete idrica
- Come strumento di localizzazione puntuale, dopo una campagna di ricerca perdite

Per i DMA più piccoli, alcuni specialisti considerano che intraprendere un'indagine con correlatore sia tanto efficiente quanto eseguire una campagna di ricerca perdite impiegando un rilevatore acustico per poi procedere alla esatta localizzazione delle stesse. La strumentazione moderna può essere fatta funzionare da un singolo operatore, ma molte aziende di gestione tendono a costituire squadre di due o anche tre persone. La figura 6.19 mostra i principi della correlazione e la semplicità della localizzazione puntuale di una perdita tramite due microfoni posizionati su accessori, quali saracinesche poste ai lati opposti, lungo una conduttura, rispetto alla presunta perdita. L'operatore avvia la procedura di correlazione e lo strumento calcola la posizione della perdita in base ai calcoli effettuati.

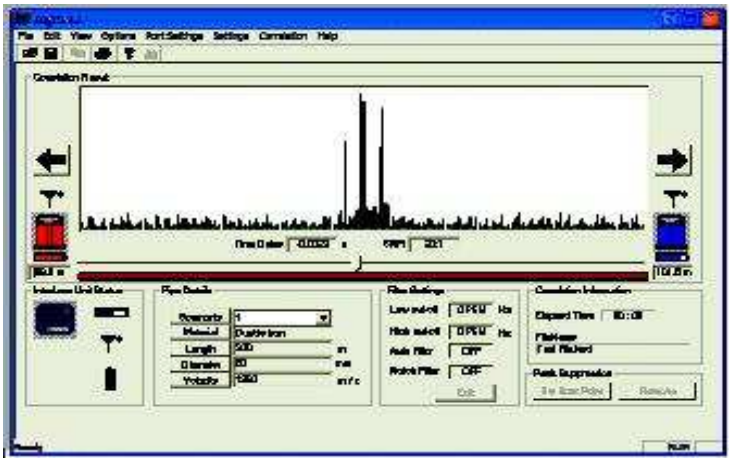


Figura 6.19 Una tipica schermata, relativa alla posizione di una perdita, da un correlatore (Pilcher et al., 2008)

C'è una vasta gamma di correlatori attualmente disponibili sul mercato, con vari livelli di sofisticazione e conseguenti costi. Esiste una versione di correlatore con GPS (Global Positioning System - Sistema di posizionamento globale) integrato e che si può interfacciare con un GIS (database della rete delle condutture) incorporato nello strumento. Semplicemente cliccando sulla posizione del sensore sulla mappa, le distanze corrette da entrambi i sensori e la velocità del suono saranno automaticamente utilizzate per la correlazione. Ciò significa che non c'è bisogno di misurare le distanze con una ruota di misurazione, oppure editare il materiale ed il diametro del tubo che si sta analizzando. La figura 6.20 mostra una vista fornita da questo tipo di correlatore.

Figure 6.20 Sofisticato correlatore moderno, con sistema di mapping incorporato (Pilcher et al., 2008)

Il Rilevatore-correlatore digitale

Nel 2000, è stato sviluppato un rilevatore acustico integrato con un correlatore perdita-rumore. Questo strumento combina i processi di rilevazione acustica, o del rumore, e della correlazione perdita-rumore (identificando puntualmente la posizione della perdita) in una sola operazione. Il risultato è una migliore efficienza ed una conseguente riduzione dei costi operativi. Questo

sistema ha il vantaggio di ridurre i tempi di attesa tra l'identificazione del rumore della perdita e la sua precisa localizzazione, diminuendo quindi il tempo di durata della perdita e per quanto possibile i costi di riparazione. La Figura 6.21 mostra il rilevatore-correlatore digitale e una sua applicazione sul campo.

Il posizionamento dei rilevatori è pianificato utilizzando un sistema di mapping. Essi vengono quindi distribuiti nel sistema (spesso all'interno di un DMA) e in genere posti a una distanza di approssimativamente 150 metri, o meno, uno dall'altro. I rilevatori generalmente sono in funzione durante la notte ed il rumore viene registrato in tre periodi diversi per assicurare la distinzione tra uso da parte dell'utenza e perdite. I dati relativi al rumore della perdita sono salvati su un hard disk e correlati per determinare la posizione di una o più perdite. I file relativi al rumore della perdita possono essere scaricati, sia manualmente che via radio (con un'antenna montata sul veicolo di servizio), e si possono quindi simulare molteplici scenari di correlazione utilizzando un PC in ufficio. Una volta che la perdita è stata individuata in maniera puntuale sulla mappa, in ufficio, un tecnico del rilevamento può essere inviato a verificarne l'esatta localizzazione. Spesso le correlazioni eseguite dall'ufficio possono fornire la posizione della perdita con approssimazione dell'ordine del metro.

Figure 6.21 Il rilevatore-correlatore digitale (Pilcher et al., 2008)

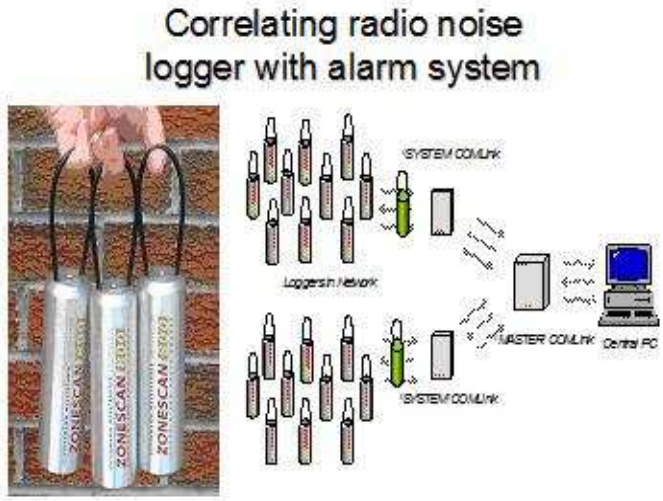


Figure 6.22 Rilevatore acustico con correlatore radio e sistema di allarme

(Pilcher et al., 2008)

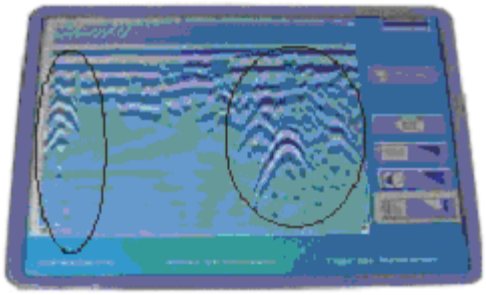
6.3.3. Tecniche non acustiche di localizzazione delle perdite

Georadar (GPR, Ground Penetrating Radar)

Ci sono casi in cui una perdita produce pochissimo rumore o non ne produce alcuno, per cui la sua localizzazione può rendere anche il più sofisticato correlatore inefficace. Ci possono essere altri motivi per cui è difficile individuare una o più perdite tramite la correlazione; tra questi una via o una strada di scorrimento al di sotto della quale sono posate diverse condotte idriche o semplicemente il rumore generato da pompe o valvole di riduzione della pressione.

Un metodo alternativo per la localizzazione di una perdita, anche se costoso, è l'utilizzo del GPR. Tale strumento, sviluppato recentemente, è stato finora impiegato principalmente per la localizzazione e il rilievo di tubazioni, cavi ed altre strutture interrate. Le perdite idriche si possono individuare tramite l'osservazione di disturbi nel terreno o delle cavità che si vengono a formare attorno al tubo. La figura 6.22 mostra un Georadar utilizzato per la localizzazione delle perdite.

a) Georadar, o GPR



b) Uno zoom sullo schermo

Figura 6.22 Localizzazione di una perdita utilizzando un Georadar (Pilcher et al., 2008)

Gas traccianti

L'iniezione di gas e le tecniche traccianti non sono comunemente impiegate per l'individuazione delle perdite, come invece avveniva 20 anni fa. Questo principalmente a causa dell'avanzamento delle tecniche acustiche. Tuttavia, per perdite da condotte a bassa pressione, in particolare da tubi non metallici, oppure da derivazioni d'utenza ed altri tubi di piccolo diametro, spesso è possibile utilizzare l'iniezione di gas e le tecniche traccianti. La perdita viene localizzata riempiendo il tubo con un gas tracciante, in genere idrogeno industriale (approssimativamente 95% azoto liquido e 5% idrogeno o elio), che fuoriesce nel punto della perdita e viene rilevato con precisione tramite una sonda "olfattiva" in superficie. Il gas tracciante, non infiammabile e atossico, possiede la capacità di penetrare rapidamente tutti i materiali – essendo l'idrogeno l'elemento più piccolo e più leggero (l'Elio il secondo). Il vantaggio principale di questa tecnica è la velocità di tracciamento, grazie al fatto che il gas si diffonde attraverso il terreno al di sopra della conduttura molto rapidamente, anche se in presenza di materiali più compatti, come il cemento, il processo è più lento.

Questo metodo di localizzazione delle perdite è considerato da diversi professionisti molto specialistico, essi sostengono che sia necessario servirsi di un ditta specializzata per eseguire il lavoro.

Termografia a infrarossi

Le prime sperimentazioni nel campo dell'ispezione a raggi infrarossi delle perdite sotterrane sono in corso di esecuzione in America. Il principio di funzionamento è che l'acqua della perdita ha una temperatura diversa da quella del terreno circostante e la videocamera termografica a volte riesce a rilevare questa differenza di temperatura.

6.3.4. Localizzazione delle perdite nei tronchi di adduzione

Le condotte o tronchi di adduzione sono tubazioni di grande diametro (in genere maggiore di 300 mm) ed in molte reti sono usati per trasportare l'acqua dalle fonti di approvvigionamento agli impianti di trattamento e fino ai serbatoi. Sono utilizzati anche per trasferire l'acqua dai serbatoi di servizio al sistema di distribuzione principale.

Se una conduttura di adduzione si rompe o si ha un malfunzionamento rilevante di un accessorio, come una valvola di sfiato o scarico, le perdite sono spesso visibili e quindi riportate e riparate. Le perdite più piccole, in corrispondenza delle giunzioni, possono passare inosservate e durare a lungo. La localizzazione delle perdite lungo le condotte di adduzione può essere più difficile e costosa che nel normale sistema di distribuzione. E' consigliabile approfondire il lavoro di analisi prima di intraprendere un'attività di ricerca perdite, ponendosi domande quali: la configurazione del sistema di adduzione è chiara? è stata fatta una verifica dei contatori? ci sono delle perdite apparenti?

Una volta trovate le risposte a tali domande e ottenute indicazioni circa la presenza perdite dal sistema di adduzione, allora ci sono diverse opzioni a disposizione dell'ingegnere esperto di perdite.

Camminare e rilevare

In molti casi, le perdite si verificano in corrispondenza di valvole di scarico, di sfiato ed altri accessori. Come passo iniziale, si possono rilevare delle perdite camminando lungo il tracciato delle condotte di adduzione e procedendo ad ispezioni e rilevazioni sonore in corrispondenza degli accessori.

Correlatori perdita-rumore

Alcuni dei correlatori più avanzati (e costosi) sono stati utilizzati con successo sulle condotte di adduzione, ma un fattore che ne limita l'impiego può essere la distanza tra gli accessori. L'installazione di punti di correlazione può contribuire a superare il problema della distanza.

Tecnologia acustica all'interno del tubo

Con questo sistema, un sensore o sonda viene inserito in una condotta di adduzione in pressione attraverso un rubinetto di intercettazione di 50 mm di diametro. Il flusso dell'acqua trasporta la sonda attraverso il tubo e le perdite vengono individuate analizzando i segnali acustici generati dalle stesse lungo le pareti delle tubazioni o nei giunti. Una volta individuata una presunta perdita, la sonda può essere bloccata nella posizione corrispondente. Per ogni inserimento della sonda si possono ispezionare 2 km di condotta. Il sistema 'Sahara' è un esempio di applicazione di questa tecnologia, mostrato in Figura 6.23.

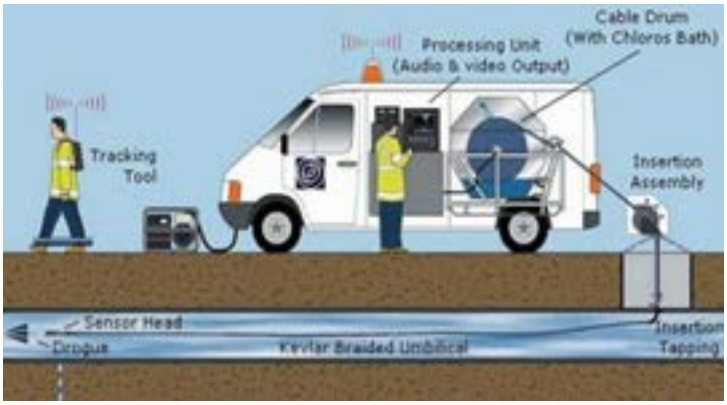


Figura 6.23 Un esempio di tecnologia acustica all'interno del tubo (Pilcher et al., 2008)

Altri metodi di localizzazione delle perdite nelle condotte di adduzione

Ci sono diversi altri metodi che possono essere impiegati per localizzare una perdita in una condotta di adduzione, tra cui:

- Georadar (GPR)
- Step testing
- Prove di pressione
- Foto aeree
- Confronto delle condizioni della flora e del terreno

6.4. (U.D. 4) Sostituzione di tubazioni e accessori

(Questo capitolo è una versione rivista di un articolo di Goodman, 2011, utilizzato su licenza)

Questo capitolo si concentra sulle fasi di sviluppo di un'efficace programma di sostituzione delle tubazioni da parte di un gestore locale dei servizi idrici (LDC, Local Distribution Company). Esso riepiloga gli elementi principali di un "Programma di gestione efficiente del sistema di distribuzione" (DIMP, Distribution Integrity Management Program), relativo alla programmazione della sostituzione delle tubazioni, e verte su:

- criteri generali utilizzati per sviluppare un programma;
- come classificare ed assegnare un grado di priorità ai diversi tratti di conduttura;
- suggerimenti per fissare un programma temporale di intervento;
- importanza e utilità di accordi con Enti e istituzioni locali;
- miglioramento dell'efficienza garantito da standard pratici e semplici;
- identificazione delle risorse programmatiche;
- sviluppo di un piano di comunicazione relativo al programma.

6.4.1. Norme regolamentari del DIMP

Un piano DIMP non implica necessariamente che il gestore (LDC) implementi un programma di sostituzione ma, man mano che le aziende sviluppano i loro piani DIMP, alcune possono decidere di attuare un programma di sostituzione o accelerare un programma esistente. Si riportano di seguito i sette elementi chiave di un piano DIMP, riepilogando le loro correlazioni con un programma di sostituzione:

- Conoscenza: gli operatori devono sviluppare una conoscenza approfondita dei loro sistemi di distribuzione e saper identificare le caratteristiche e i materiali delle tubazioni, che possono essere realizzate in ghisa, acciaio nudo, PVC, ABS ed altri materiali ad alto rischio.
- Identificazione delle minacce: gli operatori devono identificare le minacce che interessano o potrebbero potenzialmente interessare il sistema di distribuzione. Queste minacce possono andare dalla corrosione dei tubi in acciaio nudo alla rottura dei tubi in ghisa.
- Valutazione e classificazione dei rischi: gli operatori devono valutare i rischi a cui sono sottoposte le tubazioni e l'importanza relativa di ciascuna minaccia. Il rischio di corrosione è maggiore nell'acciaio nudo, rispetto all'acciaio rivestito e protetto.
- Misure per affrontare i rischi: gli operatori devono definire ed attuare misure per ridurre i rischi di malfunzionamento delle condutture. Queste misure devono includere un efficace programma di gestione delle perdite, che dovrebbe identificare tassi di incidenza delle perdite più elevati nelle tubazioni in acciaio nudo o ghisa.
- Misura delle prestazioni: gli operatori devono sviluppare e monitorare i livelli di prestazione, per valutare l'efficacia del loro programma di gestione efficiente del sistema. Una delle misure obbligatorie è il numero di perdite pericolose eliminate o riparate per tipo di materiale. Anche in questo caso di dovrebero riscontrare tassi di incidenza delle perdite più elevate nelle tubazioni in acciaio nudo o ghisa.
- Valutazioni e miglioramenti periodici: gli operatori devono rivalutare i rischi e le minacce che interessano l'intero sistema di condutture almeno ogni cinque anni e considerare la rilevanza delle minacce localizzate in una parte specifica del sistema rispetto alle altre aree dello stesso. Un confronto tra le parti del sistema in cui il materiale prevalente è l'acciaio nudo o la ghisa e quelle in cui è la plastica, dovrebbe evidenziare perdite maggiori nel caso di tubazioni in acciaio nudo e ghisa.
- Riepilogo dei risultati: gli operatori devono riepilogare su base annuale il numero di perdite pericolose e il numero totale di perdite eliminate o riparate. Un metodo per eliminare le perdite è la sostituzione delle tubazioni danneggiate.

6.4.2. Criteri di sostituzione

Il primo passo nella predisposizione di un programma di sostituzione consiste nel selezionare e valutare i tratti di conduttura da sostituire. Ci sono migliaia di km di condotte in acciaio nudo o ghisa ancora in uso. Questi sono i materiali più comunemente selezionati per la sostituzione. La maggior parte dei programmi iniziano con l'identificazione e quantificazione delle diverse condizioni e minacce rilevate nel sistema di distribuzione. Tra queste condizioni e minacce si possono avere:

- aree caratterizzate da pressioni insufficienti – le quali possono portare ad interruzioni di servizio o limitazioni nello sviluppo delle aree;
- aree densamente popolate, ad alto rischio;
- storico delle perdite e delle manutenzioni – con indicazione delle rotture in base a causa e tipo di materiale;
- terreni indesiderabili – terreni argillosi, organici e corrosivi;
- problemi ambientali – aree soggette ad alluvioni o frane;
- costruzioni recenti o previsione di costruzioni nelle immediate vicinanze o in sovrapposizione – attività che possono determinare danneggiamenti non individuabili o rappresentare minacce.

6.4.3. Classificazione e priorità

Una volta che le informazioni relative a condizioni e minacce sono state identificate e quantificate, il passo successivo è quello di classificare ed assegnare un grado di priorità ai tratti di conduttura selezionati. Sono disponibili in commercio applicazioni di supporto alle decisioni circa le sostituzioni, che assistono nella selezione dei tubi candidati alla sostituzione utilizzando i fattori di rischio definiti dai paesi meno sviluppati (LDCs, Least Developed Countries).

In alcuni paesi LDC vengono utilizzati algoritmi sviluppati internamente, per classificare ed assegnare un grado di priorità ai tratti di conduttura da sostituire. Qualsiasi metodo si basa, in genere, su:

- tasso di incidenza delle perdite – perdite/km;
- ubicazione del tratto – urbano, suburbano, centro città;
- condizioni della superficie – aree pavimentate, aree agricole;
- densità di popolazione
- considerazioni economiche – costi di sostituzione a livello locale

Per assegnare un grado di priorità ai singoli progetti, si può decidere si sostituire i tratti di conduttura peggiori per primi, riducendo quindi i costi di esercizio (O&M, Operation and Management) futuri. Alcuni paesi LDC optano per sostituzioni estese a vaste porzioni di rete contigue, nei casi in cui ciò potrebbe garantire livelli di pressione più elevati.

Il coordinamento dei progetti di sostituzione delle condotte con i progetti relativi ai lavori pubblici promuovono relazioni migliori con le istituzioni pubbliche e può contribuire a ridurre i costi di ripristino, ripartendoli tra i progetti di miglioramento pubblico.

6.4.4. Tempistiche di intervento

Una volta determinato lo sviluppo complessivo delle tubazioni da sostituire, il passo successivo è quello di determinare il quadro temporale di intervento e la lunghezza delle tubazioni che si prevede di sostituire annualmente. Sulla determinazione delle tempistiche influisce la durata della stagione di costruzione, che può essere limitata dalle condizioni meteorologiche, in particolare nei paesi LDC più a Nord, e dall'ammontare dei capitali a disposizione. Entrambi i fattori influenzano lo sviluppo delle tubazioni da sostituire annualmente.

6.4.5. Collaborazione con le amministrazioni locali

E' sempre preferibile raggiungere un accordo preventivo con l'amministrazione locale competente, il che potrebbe garantire un supporto per il recupero dei costi ed un coordinamento in fase di costruzione. Le commissioni per le opere pubbliche (PUC, Public Utility Commissions) sono in genere interessate a programmi che promuovono maggiori affidabilità e sicurezza. Esse sono anche in cerca di programmi di sostituzione che possano generare una riduzione dei costi di esercizio determinati dalla sostituzione delle tubazioni danneggiate.

Un tema importante da discutere con i funzionari delle PUC è una strategia di intervento condivisibile, che includa il recupero dei costi di sostituzione.

Trovare un accordo con i funzionari addetti ai lavori pubblici prima di dare avvio agli interventi si può dimostrare di importanza fondamentale per il successo del programma. I Dipartimenti per i Lavori Pubblici (DPW, Departments of Public Works) non amano sorprese dell'ultimo minuto

quando si tratta di interventi che coinvolgono la viabilità pubblica. Essi apprezzano e si aspettano un'adeguata comunicazione in relazione ad un programma di sostituzione di vasta portata nel territorio di loro competenza. Il coordinamento della sostituzione delle tubazioni per settori, nell'ottica di un miglioramento del servizio pubblico, può contribuire ad evitare, in futuro, scavi su strade appena ripavimentate. Si può anche cogliere l'opportunità di negoziare un processo di autorizzazione semplificato e ripartire i costi di ripristino delle superfici.

6.4.6. Standard di progetto e di costruzione

Può essere utile rivedere gli standard di progetto e prendere in considerazione un approccio progettuale semplificato per ridurre i tempi e i costi di progetto. Per risparmiare tempo e costi è opportuno determinare preventivamente il livello di dettagli effettivamente necessario. Le autorità competenti richiedono un certo livello di dettaglio delle tavole progettuali delle autorizzazioni e questo normalmente determina il livello di dettaglio complessivo dei disegni.

Alcuni dei paesi meno sviluppati sono riusciti a negoziare un approccio più semplificato per i disegni delle autorizzazioni. Alcuni hanno promosso incontri propositivi con le imprese di costruzione, al fine di determinare quale livello di dettaglio sia effettivamente necessario per le squadre di lavoro nei disegni esecutivi. Essi hanno trovato che molti dei dettagli forniti dai disegni sono ritenuti non necessari dalle imprese di costruzione.

Nei paesi LDC con diversi distretti e centri operativi sono stati riscontrati standard di costruzione, materiali e metodi di installazione diversi da luogo a luogo nell'ambito della stessa azienda. E' opportuno accertarsi che un'azienda non solo adotti standard pratici ma che essi vengano correttamente seguiti da tutta l'azienda.

6.4.7. Risorse programmatiche

Determinare le risorse programmatiche all'inizio del processo è importante al fine di garantire un tempo sufficiente per acquisire o liberare le risorse richieste per un programma efficace. Le risorse interne sono necessarie per sviluppare e gestire il programma e supervisionare le ditte appaltatrici. Se la progettazione delle sostituzioni e il coordinamento dei lavori sono affidati all'esterno, allora la dimensione della forza lavoro da coinvolgere va determinata in funzione dell'entità dei lavori in programma per ogni anno e di quanto tempo prima della costruzione i progetti debbano essere presentati.

Gli appaltatori delle fasi progettuali e di disegno sono in grado di impegnarsi a tempi di consegna brevi e possono adeguarsi a diversi livelli di carico di lavoro. Ci sono diverse aziende con esperienza nella progettazione relativa a programmi di sostituzione delle condutture.

Non solo è necessario stabilire le risorse delle imprese di costruzione, ma occorre prendere decisioni anche in merito alle modalità di espletamento delle gare di appalto. I paesi LDC con programmi pluriennali di sostituzione in genere utilizzano il sistema dell'offerte bloccata o contratti pluriennali, al fine di ottenere i prezzi migliori grazie alle economie di scala.

Assicurarsi che i materiali appropriati siano disponibili in quantità sufficiente per tutta la stagione di costruzione è fondamentale, al fine di ridurre al minimo gli esaurimenti di materiale che causano ritardi alle ditte appaltatrici.

La standardizzazione dei materiali segue la stessa logica degli standard di progetto e di costruzione. Occorre stabilire attentamente gli standard per tubi, accessori e materiali, ed assicurarsi che vengano stoccati e utilizzati dall'intera azienda.

6.4.8. Piano di comunicazione relativo al programma

Una corretta comunicazione relativa allo scopo del programma e alle aspettative per i principali soggetti coinvolti è essenziale per l'efficacia del programma stesso. La comunicazione interna dovrebbe coinvolgere, almeno:

- le squadre operative
- l'ufficio progettazione
- l'ufficio acquisti
- il call center per l'informazione all'utenza

Le squadre operative e l'ufficio progettazione sono in genere coinvolti nello sviluppo del programma. La conoscenza e l'esperienza degli esperti in materia di questi due gruppi hanno una valore fondamentale per l'efficacia del programma.

Le aree che si occupano degli acquisti e della gestione dei materiali devono essere consapevoli di quali sono i fabbisogni di materiali e risorse. Il personale che lavora al call center deve essere a conoscenza del programma, al fine di rispondere in modo corretto alle richieste dei clienti di informazioni relative ai lavori nel loro quartiere.

Le comunicazioni verso l'esterno sono necessarie per ottenere le autorizzazioni e il supporto da parte di commissioni (PUC), dipartimenti (DPW) e funzionari locali preposti. L'impegno ed il sostegno di questi gruppi può portare a un tasso positivo di recupero dei costi, all'ottenimento dei permessi e a minori richieste di onerosi restauri. I residenti possono essere messi a conoscenza della localizzazione e delle tempistiche dei lavori tramite posta, il sito web aziendale o articoli di giornale.

Gli appaltatori devo essere messi a conoscenza dei fabbisogni del programma in termini di risorse con un certo anticipo, in modo da garantire loro il tempo sufficiente per acquisire ulteriore personale e attrezzature.

6.5. (U.D. 5) Sviluppo organizzativo

6.5.1. Organizzazione della gestione dei beni

La gestione dei beni, o Asset Management (AM), è una combinazione di pratiche gestionali, finanziarie, economiche, ingegneristiche ed altre ancora, applicate a beni (materiali) con l'obiettivo di massimizzare il valore derivato da un set di beni sull'intero ciclo di vita, garantendo adeguati livelli di servizio all'utenza, alle comunità e nei confronti dell'ambiente e ad un livello di rischio accettabile (IPWEA, 2006).

L'attuazione di una strategia di AM efficace presuppone uno sforzo congiunto e coordinato da parte di tutte le divisioni di un'organizzazione. Le strategie relative al coordinamento delle attività di AM all'interno di un'organizzazione sono:

- Stabilire una struttura di coordinamento forte con chiare responsabilità
- Garantire la disponibilità delle risorse necessarie per attuare il programma di AM

Il ruolo e la composizione del team che si occupa di AM cambierà, seguendo l'evolversi del programma di AM. Sono vari i modelli e gli approcci per l'organizzazione dei ruoli e delle responsabilità, per esempio strutture matriciali, responsabilità puntuali e raggruppamento dei beni per centri di costo. Uno di questi prevede la separazione dell'interfaccia degli azionisti dalla

gestione dei beni e dall'erogazione del servizio, in un modello a "3 fasi", schematizzato nella Figura 6.24.

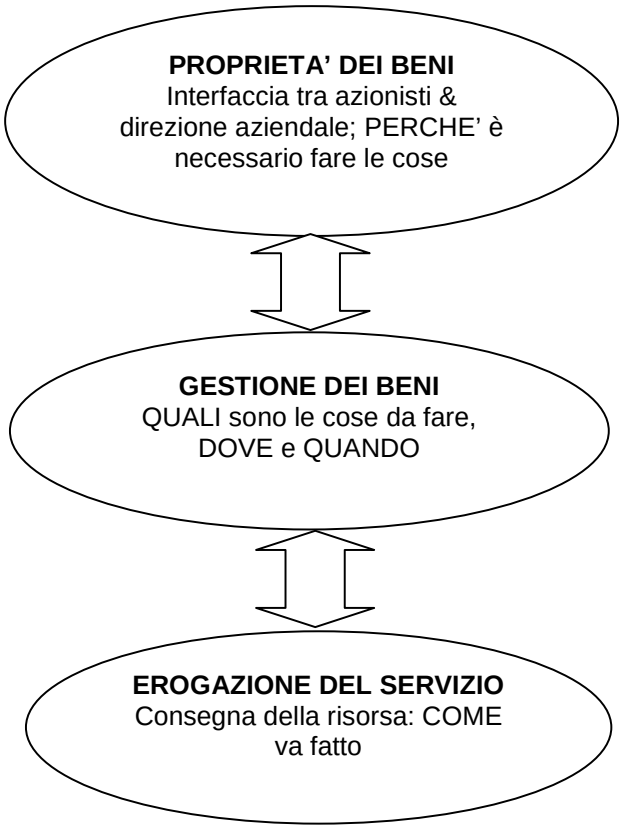


Figura 6.24 Separazione dei ruoli (IPWEA, 2006)

Nelle organizzazioni medio-piccole è improbabile che si vengano a creare reparti o unità specifiche di AM. E' allora necessario che tutti i dirigenti si assumano la responsabilità dell'applicazione e dello sviluppo di buone pratiche di AM, come parte integrante delle attività di gestione di beni e servizi a cui sono preposti.
Uno svantaggio derivante dall'istituzione di reparti o unità specifiche di AM è quello di marginalizzare il ruolo dell'AM all'interno dell'organizzazione, che potrebbe risultare in un approccio frammentario della gestione delle infrastrutture. Un vantaggio dell'approccio per reparti o unità separati è la possibilità di un elevato livello di specializzazione e conoscenze tecniche.

6.5.2. Casi studio

Implementazione di un Programma di Gestione dei beni

La Seattle Public Utilities (SPU) è l'azienda di gestione di Seattle, che fornisce acqua potabile a più di 1,3 milioni di utenti e assicura i servizi di fognatura, drenaggio urbano e gestione dei rifiuti solidi. Nell'Ottobre 2002 l'azienda ha dato avvio a un nuovo programma di AM per affrontare in maniera efficiente le sfide legate all'invecchiamento delle infrastrutture, agli obblighi regolamentari più stringenti e alle pressioni per la diminuzione delle tariffe e dell'impiego di risorse.

La SPU puntava ad un ritorno economico immediato dal programma e per stabilire le nuove priorità:

- E' stato nominato un dirigente esperto alle dirette dipendenze della direzione
- E' stato costituito un team di cinque persone dedicato all'AM
- Viene stabilito un quadro di riferimento consistente, relativo a casi aziendali e di benchmarking, in modo che lo staff sia in grado di determinare un trade-off ottimale tra costi operativi e costi capitali nell'arco della vita utile di apparecchiature e sistemi
- E' stato adottato un percorso di pianificazione veloce che contempla le seguenti 4 fasi:
    - Educare, formare e comunicare
    - Determinare i livelli di servizio
    - Implementare un processo di analisi del capitale
    - Rivedere i processi e i costi operativi e di gestione

Nei primi 3 anni la SPU ha ottenuto un ritorno economico impressionante, risparmiando circa 10 milioni di dollari all'anno in termini di costi operativi e manutenzioni e circa 40 milioni di dollari in termini di costi capitali.

Un approccio per Organizzazioni più grandi

Edmonton, in Canada (667.000 abitanti) è riconosciuta in tutto il Canada come città leader nel campo dell'AM relativo alle infrastrutture strategiche. La Strategia delle Infrastrutture di Edmonton venne adottata nel 1998, come iniziativa aziendale. Nel 2000 venne creato l'Ufficio delle Infrastrutture, per supervisionare la strategia e per sviluppare e dare attuazione agli strumenti gestionali. Gli elementi principali della struttura di governance, schematizzata nella Figura 6.25, sono:

- Un comitato esterno di azionisti, che funge da supporto per la definizione della Strategia delle Infrastrutture e contribuisce alla sua effettiva implementazione.
- Il Comitato di Consulenza Tecnica sulle Infrastrutture (Infrastructure Technical Advisory Committee), costituito da persone con esperienza nel campo della progettazione, sviluppo e gestione di infrastrutture, e che copre un'ampia gamma di discipline, fornendo suggerimenti e consulenza all'Ufficio delle Infrastrutture.
- Un processo interno, attraverso il Comitato per il Capitale infrastrutturale (Capital Infrastructure Committee), che guida l'implementazione della Strategia, e gruppi di lavoro specifici, che danno attuazione agli strumenti e ai processi, man mano che vengono validati, e coordinano la raccolta dei dati.

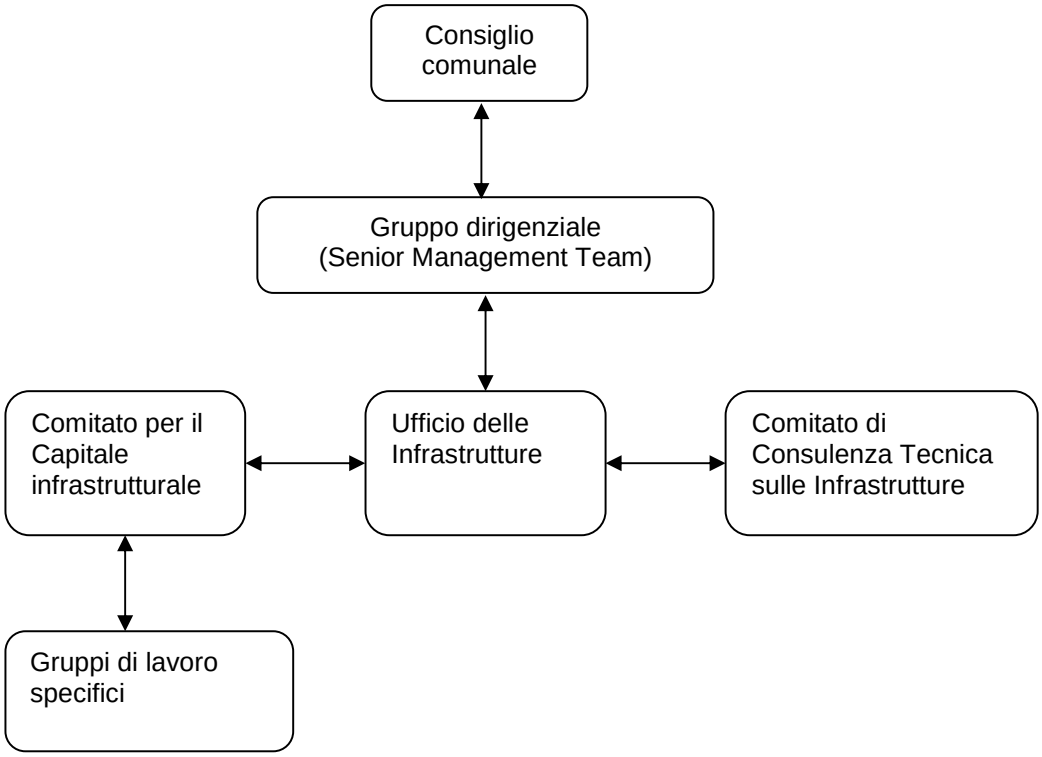

Consiglio comunale
Gruppo dirigenziale (Senior Management Team)
Comitato per il Capitale infrastrutturale
Ufficio delle Infrastrutture
Comitato di Consulenza Tecnica sulle Infrastrutture
Gruppi di lavoro specifici

Figura 6.25 Processo di governance (IPWEA, 2006)

Gli elementi chiave della Strategia delle Infrastrutture di Edmonton sviluppati fino ad oggi sono i seguenti:

- Inventario dei beni e Sistema di Valutazione delle Infrastrutture - sviluppo di un inventario completo dei beni patrimoniali, con indicazione dei costi di sostituzione, dell'età media delle infrastrutture e della loro presunta vita utile.
- Valutazione del rischio - analisi del grado di usura per valutare la probabilità e l'impatto di eventuali avarie (*failure*) in relazione ai livelli di investimento esistenti, per consentire la previsione delle condizioni future.
- Life Cycle Costing - attività a supporto dei decisori, per scegliere l'investimento infrastrutturale più conveniente identificando i costi complessivi associati a un bene lungo l'arco dell'intera vita utile attesa.
- Livello di servizio - lo sviluppo di un processo comune per valutare le opzioni relative ai livelli di servizio, che considera il loro impatto sulle infrastrutture e le corrispondenti necessità finanziarie.

6.6. (U.D. 6) Sviluppo operativo

Quello relativo a esercizio e manutenzione – Operations and Maintenance (O&M) – rappresenta un aspetto importante di un sistema di approvvigionamento idrico. La cosa migliore, per le aziende di distribuzione dell'acqua è avere una strategia relativa a esercizio e manutenzione. Sebbene la strategia possa essere simile per molte aziende, essa dovrebbe essere sviluppata in maniera specifica, in base alle esigenze della singola azienda. Qualsiasi strategia può comprendere elementi speciali per l'organizzazione, il piano di esercizio e manutenzione, la formazione, la valutazione, la registrazione delle prestazioni e i relativi rapporti. Possono esserci

delle limitazioni in funzione di tipo e dimensioni dell'organizzazione, risultati registrati, inadeguatezza dei fondi, politiche di misurazione, località remote da raggiungere, età delle apparecchiature, personale qualificato e forza dell'organizzazione. Per migliorare esercizio e manutenzione, è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti: Valutazione dello stato di O&M, Studi istituzionali, Necessità formative, Sistema Informativo di Gestione (MIS, Management Information System), Water Audit e Ricerca perdite, Piani di Emergenza, Sicurezza delle attività di O&M, Pratiche per gli impianti idraulici, Miglioramenti nel controllo della Qualità dell'acqua, Recupero dei Costi. In questo capitolo, l'attenzione viene posta in particolare sulle questioni relative alle tubazioni.

6.6.1. Valutazione delle condizioni

La valutazione delle condizioni può riguardare una serie di obiettivi di tipo strategico, tattico e di O&M, i quali determinano le modalità di valutazione delle condizioni e influenzano il tipo e l'accuratezza delle previsioni richieste. Secondo l'Organizzazione per la Ricerca Industriale e Scientifica del Commonwealth (CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), ci sono due tipi di valutazione delle condizioni (Thomson and Wang, 2009):

- Valutazione su una singola tubazione
- Valutazione su un insieme (gruppo) di tubazioni

Una valutazione su una singola tubazione o una piccola sezione della rete viene in genere effettuata quando c'è ragione di credere che quella particolare tubazione si trovi in condizioni tali da favorirne la rottura. Una valutazione su un gruppo di tubazioni fornisce una visione d'insieme delle condizioni generali delle tubazioni coinvolte e viene spesso utilizzata nell'ambito dei processi decisionali strategici. Ulteriori informazioni possono quindi essere utilizzate per approfondire la valutazione delle condizioni, concentrandosi sulle singole tubazioni. Sia nella valutazione delle condizioni del gruppo che della singola tubazione è ovvio che la valutazione debba basarsi su dati relativi ai cespiti e alle rotture, i quali indicano quali procedure e quali località siano da considerare critiche e prioritarie per quanto riguarda le ispezioni e lo sviluppo di previsioni in merito alla vita residua.

Nel Piano di ricerca sulle infrastrutture idriche dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente (EPA), la valutazione delle condizioni viene definita come la raccolta di dati e informazioni, in maniera diretta e/o indiretta, seguita dall'analisi degli stessi, finalizzate alla determinazione dello stato idraulico, strutturale o relativo alla qualità dell'acqua – attuale e/o prospettico – delle condutture. L'attenzione principale, a livello di ricerca, nell'ambito di questo progetto, è posta sulla valutazione delle condizioni strutturali, rispetto alla valutazione delle caratteristiche idrauliche o relative alla qualità dell'acqua.

La valutazione delle condizioni dovrebbe essere un processo strutturato e logico. La necessità è quella di determinare obiettivi quantificabili e comprendere le cause del deterioramento, quindi quantificare il deterioramento al fine di conseguire una chiara comprensione delle condizioni. Una valutazione complessiva può essere vista come un processo che comprende quattro fasi:

- Fase1. Identificazione preliminare delle caratteristiche fisiche di una conduttura in termini di dati storici, ambientali e di funzionamento
    - A partire da questi dati si possono identificare ed assegnare un grado di priorità ai cespiti per quanto riguarda l'ispezione delle condizioni, in base alle conseguenze delle rotture (failure)
    - Vengono determinate le informazioni richieste nell'ambito di un programma di ispezione. *"Se non sai che cosa stai cercando, probabilmente non lo troverai."*

- Fase 2. Valutazione dei possibili metodi di ispezione in base alla loro appropriatezza ed efficienza nel fornire il tipo e il livello di informazione richiesto. L'ispezione deve essere condotta utilizzando una tecnologia appropriata.
- Fase 3. Valutazione finale delle condizioni effettuata sulla base delle informazioni raccolte nella fase 1 e ispezione volta a fornire una valutazione della probabilità e delle conseguenze di una rottura. Va tenuto in mente che l'ispezione fornisce dati, non una valutazione, e necessita di un'interpretazione. L'interpretazione può includere lo sviluppo di curve relative all'aspettativa di vita e previsioni temporali circa l'occorrenza di rotture
- Fase 4. La fase finale dovrebbe consistere in una misura dell'efficacia delle attività intraprese.

Il rischio viene definito come prodotto della gravità delle conseguenze di una rottura per la probabilità di accadimento della rottura. In qualsiasi programma di valutazione delle condizioni e assegnazione del grado di priorità, è necessario determinare non solo la probabilità ma anche le conseguenza delle rotture. Questo approccio dell'Ispezione basata sul Rischio (RBI, Risk Based Inspection) è utilizzato in maniera efficace da alcuni anni nell'industria petrolchimica. Esso è rappresentato nella Figura 6.26, che mostra graficamente le combinazioni tra probabilità di accadimento e conseguenze delle rotture.

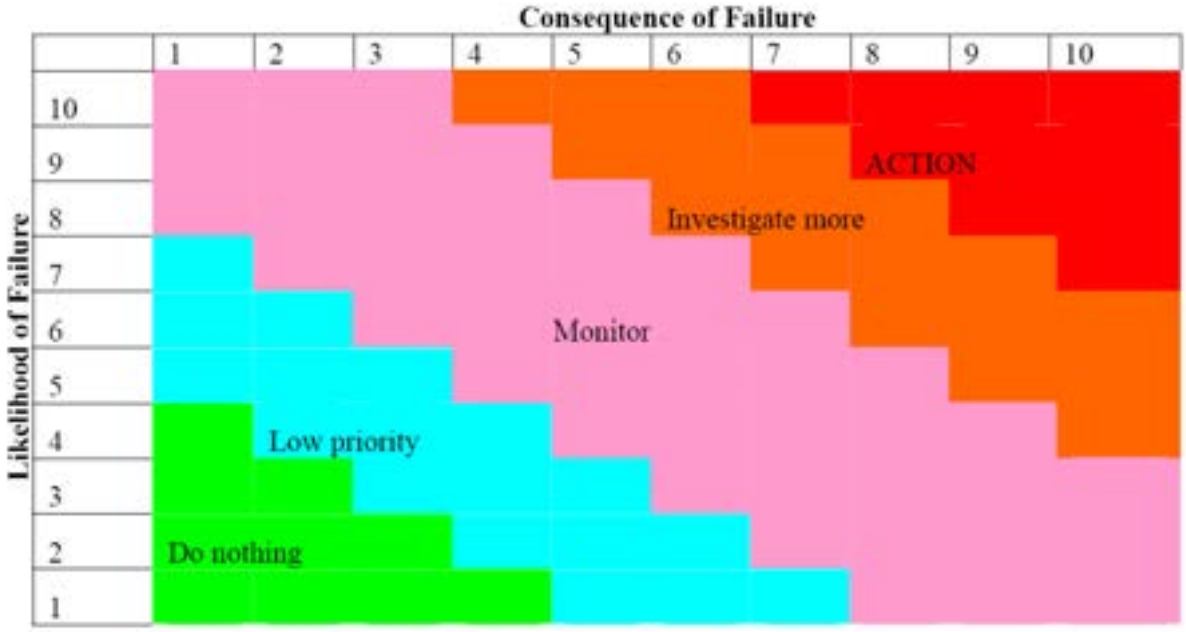


Figura 6.26 Rischio: Conseguenze e Probabilità di rottura (Thomson and Wang, 2009)

6.6.2. Conseguenze delle rotture

Le conseguenze delle rotture possono essere valutate in base a tre categorie principali:

- Costi diretti
- Costi ambientali
- Costi socio-economici

Ogni singola condotta può essere valutata sulla base di queste categorie. Se la valutazione in relazione a una qualsiasi di queste categorie indica un impatto e un costo elevati, allora alla conduttura verrà attribuita una valutazione alta in termini di conseguenze della rottura.

Alcuni dei fattori che amplificano le conseguenze delle rotture sono descritti nella Tabella 6.1.

Tabella 6.1 Conseguenze importanti delle rotture (Thomson and Wang, 2009)

Utenze critiche	Ubicazioni critiche	Fattori fisici di difficoltà
Popolazione elevata	Aree industriali/commerciali/residenziali	Assenza di percorsi alternativi
Sedi governative, della difesa	Autostrade, ponti, gallerie, ferrovie, aeroporti, metropolitane	Linee con grandi diametri
Ospedali	Potenziali frane	Terreni difficili
Industrie chiave	Corsi d'acqua	Traffico intenso
Individui di particolare importanza	Aree soggette ad alluvioni	Siti difficili da raggiungere
	Attraversamenti di maggiore utilità	Assenza di linee di approvvigionamento idrico alternative

6.6.3. Probabilità di rottura – Indicatori chiave

In questa sezione vengono rivisti alcuni indicatori chiave e secondari relativi alla probabilità di rotture (*failure*). Quattro indicatori chiave sono fondamentali nello svolgimento di una valutazioni delle condizioni e una revisione delle criticità. Questi sono definiti come tre tipi di fessurazione o rottura insieme con le perdite dalle tubazioni. Ci sono anche indicatori secondari che modificano la valutazione (Tabella 6.2).

6.6.4. Esigenze e strategie di riabilitazione

Lo storico dei dati relativi alle rotture nelle condotte idriche dovrebbero essere raccolti, analizzati e infine combinati con tecnologie appropriate per la valutazione in situ delle condizioni delle tubazioni, per individuare il tasso di deterioramento delle condutture. Questo tasso di deterioramento dovrebbe essere messo in relazione con le sollecitazioni ambientali e dovute al funzionamento delle tubazioni al fine di tratte informazioni sul tasso o frequenza delle rotture. Si deve valutare anche il tasso di deterioramento della capacità idraulica delle condotte idriche. Si può applicare un sistema di supporto alle decisioni (DSS, Decision Support System), che permette di selezionare e programmare le alternative di riabilitazione per ogni tubo nella rete, oltre ad ottenere i seguenti obiettivi (Saegrov et al., 1999):

- Ridurre al minimo i costi complessivi (di investimento e manutenzione) relativi al mantenimento del sistema di distribuzione ai livelli di servizio specificati per quanto riguarda gli aspetti inerenti le prestazioni strutturali, idrauliche e di qualità.
- Considerare il deterioramento sia dell'integrità strutturale che della capacità idraulica della rete.
- Considerare l'affidabilità della rete.
- Considerare le questioni relative alla qualità dell'acqua, quali l'aumento del rischio di intrusione di contaminanti attraverso le condotte idriche deteriorate.

Molte delle principali città europee hanno applicato la procedura "Karlsruhe", di origine tedesca, per determinare la lunghezza delle condotte idriche che raggiungeranno la fine della loro vita utile nei prossimi anni. La procedura è stata integrata nel software KANEW, di facile utilizzo, in un progetto di ricerca finanziato dalla Fondazione Americana per la Ricerca sugli Impianti Idrici (AWWARF, American Water Works Research Foundation). Ulteriori estensioni consentono di

analizzare gli effetti a lungo termine derivanti da specifiche strategie riabilitative. Il quadro di riferimento per esplorare esigenze e strategie riabilitative è mostrata nella Tabella 6.2.

Tabella 6.2 Modalità di rottura e Indicatori (Thomson and Wang, 2009)

Modalità:	**Cause di rotture strutturali**			**Cause di perdita**	
	Corrosione interna (forma di rottura diretta)	Corrosione esterna (forma di rottura diretta)	Sollecitazioni indotte (spesso in combinazione con corrosione interna ed esterna)	Perforazione delle pareti (può essere un sottoinsieme di corrosione interna ed esterna)	Malfunzionamento delle giunzioni (difetto)
Indicatori chiave					
Rotture	MC	MC	MC	NC	NC
Fessurazioni	NC	NC	NC	MC	C
Corrosione delle pareti della tubazione (dati di investigazione)	MC	MC	MC	MC	NA
Corrosione delle pareti della tubazione (condizioni ambientali)	C	C	MC	MC	NA
Indicatori secondari					
Età dei tubi	C	C	C	C	C
Diametro dei tubi	NC	NC	NC	NC	NC
Spessore dei tubi	C	C	NC	NC	NA
Tipo di rivestimento interno	MC	NA	NA	C	NA
Protezione esterna	NA	C	NC	C	NA
Giunti	NA	NA	C	NA	MC
Posizione	NC	NC	C	NC	C
Difetti di installazione	C	C	C	C	MC
Instabilità del terreno	NC	NC	MC	NC	MC
Temperatura del terreno	NC	C	C	NC	C
Livello della falda acquifera	NC	C	C	C	C
Variazioni di pressione	NC	NC	MC	NC	C
Variazioni della temperatura dell’acqua	NC	NC	C	NC	C

MC: Molto Critico, C: Critico, NC: Non Critico NA: Non Applicabile

6.6.5. Prendere decisioni in merito al rinnovo delle condotte idriche

Come esplicitamente affermato, l'obiettivo della decisione è quello di minimizzare i costi complessivi, relativi all'intero ciclo di vita del sistema, costi che comprendono quelli operativi, di manutenzione, i costi di rinnovo e quelli legati alle rotture. Questo, naturalmente, è più facile a dirsi che farsi, a causa delle incertezze descritte nei paragrafi precedenti e perché alcuni costi relativi alle rotture non sono commisurati agli altri (per esempio, nel caso di persone infettate a seguito di una rottura che ha compromesso la sicurezza dell'acqua). Ci sono diverse tecniche per indirizzare le decisioni con più obiettivi. Alcune sono semplici, come il metodo del punteggio; altre sono più elaborate, come le matrici di utilità. Mentre il primo tipo è spesso troppo semplicistico e dipendente da giudizi soggettivi, il secondo è spesso troppo macchinoso da applicare a sistemi della complessità di quelli in questione. Un approccio alternativo potrebbe essere quello di affrontare la questione come un tradizionale problema di ottimizzazione. Posto in questa forma, il criterio di ottimizzazione è il costo minimo, mentre tutti gli altri obiettivi e criteri, ai quali non possono essere assegnati valori monetari, vengono presi in considerazione sotto forma di vincoli, per esempio:

Minimizzare: {costi capitali + costi operativi + costi di manutenzione + costi di rinnovamento}

Tenendo conto delle condizioni rappresentate da:

- livelli limite di carico (cioè pressione residua minima e massima);
- vincoli relativi al livello minimo di affidabilità;
- vincoli relativi ai livelli minimi di qualità dell'acqua (alcuni dettati dalla legge).

In ogni caso, questo approccio non risolve realmente la difficoltà, perché in senso strettamente matematico considerare un fattore come vincolo equivale ad assegnargli un costo infinito. Tutti sappiamo che, socialmente parlando, non esiste un costo infinito, neanche per la vita umana (si assumerebbe la decisione di spendere miliardi di dollari per salvare una vita?). Di conseguenza, un'analisi prudente implicherà un'analisi di sensibilità dei prezzi ombra per determinare quanto la funzione obiettivo (costo relativo al ciclo di vita) cambierebbe se il livello di un vincolo viene cambiato. Quindi, attraverso determinate scelte, sia che lo si faccia esplicitamente che implicitamente, si assegna un valore monetario a tutte le componenti di costo. A prescindere dal percorso scelto per formulare questo processo decisionale, qualsiasi tentativo di risolvere il problema in modo completo e rigoroso risulterebbe troppo ambizioso alla luce delle conoscenze e degli strumenti computazionali disponibili (Rajani and Kleiner, 2002).

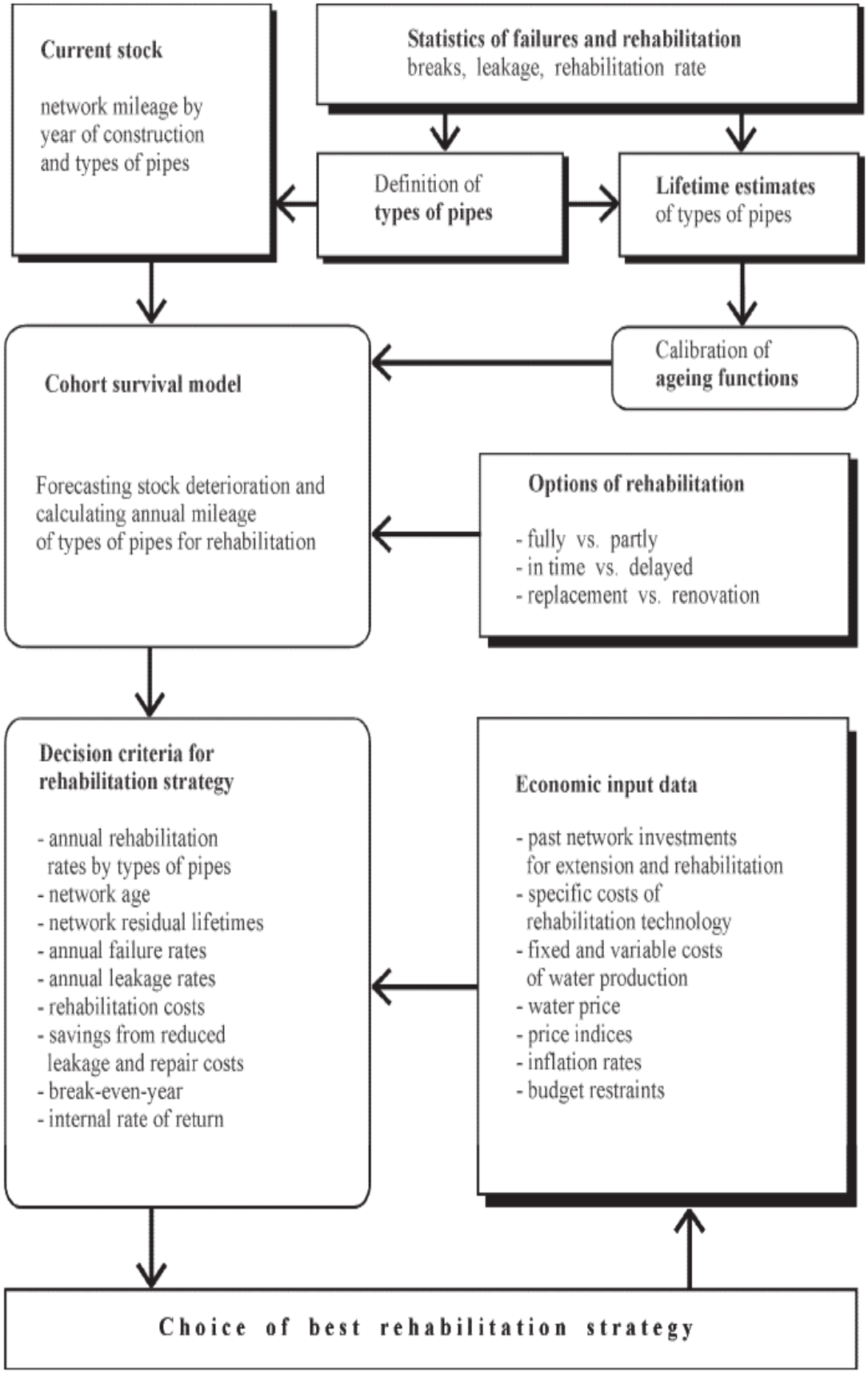

Current stock
network mileage by year of construction and types of pipes
Statistics of failures and rehabilitation
breaks, leakage, rehabilitation rate
Definition of types of pipes
Lifetime estimates of types of pipes
Calibration of ageing functions
Cohort survival model
Forecasting stock deterioration and calculating annual mileage of types of pipes for rehabilitation
Options of rehabilitation
- fully vs. partly
- in time vs. delayed
- replacement vs. renovation
Decision criteria for rehabilitation strategy
- annual rehabilitation rates by types of pipes
- network age
- network residual lifetimes
- annual failure rates
- annual leakage rates
- rehabilitation costs
- savings from reduced leakage and repair costs
- break-even-year
- internal rate of return
Economic input data
- past network investments for extension and rehabilitation
- specific costs of rehabilitation technology
- fixed and variable costs of water production
- water price
- price indices
- inflation rates
- budget restraints
Choice of best rehabilitation strategy

Figura 6.27 Quadro di riferimento per l'esplorazione delle esigenze e delle strategie riabilitative (Saegrov et al., 1999)

6.7. (U.D. 7) Monitoraggio e Automazione

L'acronimo SCADA sta per "Controllo di Supervisione e Acquisizione dei Dati" (dall'inglese Supervisory Control And Data Acquisition). Esso si riferisce ingenere ai sistemi di controllo industriali: sistemi informatici per il monitoraggio e il controllo di processi industriali, legati a infrastrutture o servizi (Wikipedia, 2011).

Il monitoraggio efficace delle reti di distribuzione idrica ha rappresentato a lungo una sfida per i gestori, anche nei paesi con infrastrutture all'avanguardia e buone pratiche operative. Se gestite impropriamente, le reti idriche possono comportare una crescita dei costi di approvvigionamento, una fornitura insufficiente di acqua potabile, disagi, utenti non soddisfatti e così via (Ehrenreich, 2005).

Un centro di controllo SCADA può mostrare parametri misurati e calcolati relativi a una rete di distribuzione idrica che si sviluppa su un'area vasta, con più serbatoi e stazioni di pompaggio. I dettagli mostrati si riferiscono al livello dell'acqua nei serbatoi, a indicazioni sul funzionamento di specifiche pompe, ecc.

6.7.1. L'architettura del sistema SCADA

Componenti del Sistema

Il sistema informatico utilizza un'architettura gerarchica distribuita, che contiene i seguenti blocchi (Dobriceanu et al., 2008):

- Blocco dei trasduttori di segnali. Realizza l'adattamento dei segnali provenienti dal processo attraverso i trasduttori alla gamma dei segnali compatibile con gli ingressi delle interfacce dei sistemi informatici;
- PLC (Programmable Logic Controller), dispositivo di acquisizione dati locali e controllo. CIascuna stazione di distribuzione dell'acqua è fornita di un dispositivo di acquisizione dati e controllo (PLC), collegato a un PC, che consente:
    - acquisizione automatica di parametri specifici
    - analisi preliminare dei dati (filtrazione, convalida dei valori forniti dai trasduttori, inquadramento nei limiti);
    - visualizzazione locale;
    - allarmi nel caso di superamento dei limiti;
    - comunicazione col livello gerarchico superiore
- Centralina di distribuzione, installata nei punti caratteristici, che consente:
    - supervisione dell'intero sistema;
    - elaborazione dati più approfondita
    - visualizzazione dello schema del sistema
    - visualizzazione dello schema sinottico, con supervisione in tempo reale relativa a ogni periferica
    - elaborazione del bollettino di controllo generale

La comunicazione tra la centralina di distribuzione e i sistemi periferici avviene tramite modem telefonici o radio. I parametri monitorati sono:

- pressioni;
- carenze;

- livelli;
- stato delle pompe;
- stato delle elettrovalvole;
- stato dei filtri;
- energia attiva/reattiva.

Funzionamento del sistema

Il sistema SCADA assicura l'acquisizione, tramite i trasduttori, dei parametri caratteristici di funzionamento delle installazioni tecnologiche all'interno delle stazioni di distribuzione dell'acqua, il monitoraggio e il controllo delle pompe a livello delle stazioni periferiche, la registrazione dell'acquisizione dati, la trasmissione dei dati al livello della centralina di distribuzione, il monitoraggio del funzionamento delle stazioni attraverso gli schemi sinottici, l'elaborazione del bollettino di monitoraggio e dei fogli di bilancio delle stazioni, l'invio dei risultati agli operatori che devono assumere le decisioni. In questo modo, ogni stazione ha il suo dispositivo di acquisizione dati e controllo delle periferiche locali, associato ad un PC locale connesso al PC centrale. Il dispositivo viene interrogato ad intervalli di tempo regolari dal PC locale e così tutti gli input e gli output analogici/digitali vengono registrati al livello del computer locale. Il dispositivo determina il numero di giri dei motori delle pompe nelle diverse stazioni attraverso soft-starter e inverter. In genere, i soft-starter vengono impiegati finché i motori non raggiungono la velocità di rotazione nominale, il numero di giri viene poi aggiustato attraverso l'inverter a seconda della pressione misurata (Dobriceanu et al., 2008).

6.7.2. Funzioni del Sistema SCADA in un sistema di distribuzione idrica

Minimizzare le perdite idriche

Le soluzioni SCADA possono contribuire molto all'integrazione dei dispositivi e pratiche utilizzati per la ricerca perdite, nonché all'attuazione di programmi di riparazione periodica pianificata. Le seguenti misure e pratiche pertinenti possono essere implementate con l'utilizzo di un sistema SCADA (Ehrenreich, 2005):

- Stima del livello delle perdite idriche dovuto alle piccole perdite impercettibili (in punti sconosciuti)
- Monitoraggio costante e regolazione delle pressioni nei punti critici della rete
- Registrazione e analisi dei cambiamenti improvvisi dei valori di portata, per l'individuazione di nuove perdite e rotture
- Riduzione dei tempi di risposta per l'isolamento delle sezioni problematiche (se possibile)

Monitoraggio dell'Efficienza e della funzionalità delle stazioni di pompaggio

L'introduzione del monitoraggio dell'efficienza delle pompe basato su microprocessori elettronici, in combinazione con i sistemi SCADA per i sistemi idrici, si tradurrà in un ritorno dell'investimento per il sistema SCADA più veloce.
L'attuazione di tale processo consente (Ehrenreich, 2005):

- Calcolo del volume d'acqua pompata come misurato e rilevato dalla Remote Terminal Unit (RTU)
- Monitoraggio della "potenza di picco" raggiunta dalla pompa durante il funzionamento
- Monitoraggio dell'energia media fornita a quella pompa durante lo stesso periodo: quando una specifica pompa è considerata lavorare in condizioni ottimali, il sistema

dovrebbe conservare i valori calcolati come riferimento per valutazioni successive. Nel caso che il rapporto calcolato per una certa pompa cada al di fuori dell'intervallo previsto, la RTU dovrebbe inviare un allarme al centro di controllo.

Gestione delle Stazioni di riduzione della pressione

Implementare sistemi di monitoraggio delle portate e di controllo della pressione dell'acqua, utilizzando stazioni attrezzate con valvole di riduzione della pressione (PRV), può ridurre direttamente le perdite reali derivanti da rotture difficili da individuare. Questo richiede l'installazione di misuratori di portata in combinazione con RTU e dispositivi di comunicazione nei punti strategici lungo la rete, mentre i vari contatori registrano le portate in ingresso ad una certa "area di misura", con confini definiti e permanenti (Ehrenreich, 2005).

Questo può essere realizzato tramite un sistema SCADA, con investimenti relativamente bassi, e piuttosto velocemente, introducendo un monitoraggio per zone e distretti di misura delle portate. L'utilizzo di stazioni attrezzate con PRV combinate con RTU e dispositivi per la trasmissione dei dati consente di adattare e ottimizzare la pressione dell'acqua lungo le condutture e prevenire ulteriori perdite da giunti difettosi e fessure durante i periodi con flussi bassi, come durante la notte e il fine settimana (in alcuni distretti). Queste stazioni richiedono l'impiego di valvole di regolazione. Si possono installare anche dei pannelli lungo i tracciati delle condotte idriche solari, nei siti remoti in cui non è disponibile l'energia elettrica.

Considerazioni e calcolo dell'investimento relativo a un sistema SCADA

Prendendo in considerazione l'investimento, il primo passo verso la determinazione del rapporto costi/benefici e del ritorno dell'investimento (ROI, Return On Investment) consiste nell'analizzare le componenti di costo reali conseguenti il possesso e l'utilizzo di un sistema SCADA. Il costo annuale è in genere costituito dalle seguenti voci (Ehrenreich, 2005):

- **Costi capitali**: il calcolo si basa sul tasso di interesse del capitale inizialmente investito nel sistema, e comprende anche gli investimenti successivi in miglioramenti e aggiornamenti.
- **Ammortamento annuale**: questo costo è relativo all'attrezzatura acquistata per il funzionamento del sistema, e il calcolo è basato sulla vita utile presunta di tale attrezzatura (es. 15 anni)
- **Costi operativi**: questo importo comprende tutte le spese correnti relative a costi per il personale, per la forza lavoro dedicata, formazione degli operatori, trasporto in sito, costi di manutenzione, ecc., che possono essere attribuiti al funzionamento del sistema SCADA.

Oggi le aziende di gestione vogliono migliorare i livelli di servizio e gestire le reti idriche in maniera più efficiente, conveniente, avanzata e moderna. La necessità di migliorare la qualità del servizio può, ad esempio, essere dettata dalla normativa locale, indirizzata alle "autorità competenti" e/o agli amministratori locali. Essi possono essere interessati a rafforzare la fiducia presso la cittadinanza e la soddisfazione dell'utenza, nonché a dimostrare ai cittadino che si stanno conseguendo effettivi risparmi.

Le aziende di gestione spesso assumono la decisione di acquistare il sistema per stralci successivi. Questo approccio ha senso, dal momento che si possono costruire sistemi SCADA modulari, con un budget iniziale inferiore, e permette una definizione migliore delle necessità correnti e future, prima di iniziare un importante programma di sviluppo.

L'integrazione e l'utilizzo di un sistema SCADA comportano l'impiego di apparecchiature hardware, strumentazione e sensori, quadri elettrici, programmazione di software, trasmissione

di dati, dispositivi e infrastrutture, spese di consulenza, installazione e messa in servizio del sistema. Un'attenta selezione di queste componenti può contribuire a rendere il sistema espandibile, aggiornabile e conveniente. I fattori di costo di un sistema SCADA sono elencati di seguito:

- **Strumentazione hardware:** Anche se gli investimenti in apparecchiature hardware non rappresentano la parte più critica né più costosa, sono considerati "cuore e anima" del sistema. La ragione è che in genere le apparecchiature hardware vengono spesso considerate l' "elemento principale" per il funzionamento del sistema.
- **Sistema operativo del computer e programma applicativo:** Un programma di manutenzione software Master Control Centre (MCC) è indispensabile, poiché i fornitori tendono a rilasciare versioni di volta in volta più avanzate, che sono incompatibili con altri programmi che devono essere integrati nel sistema.
- **Dispositivi di trasmissione dati:** La rete per la trasmissione dei dati utilizzata dal sistema SCADA può essere vista come l'insieme dei "nervi" del sistema, che trasmettono le informazioni al "cervello". Pertanto, la scelta di una modalità di trasmissione e di un protocollo dati appropriati e affidabili è obbligatoria.
- **Strumentazione di campo:** Questi dispositivi sono spesso forniti integrati con la strumentazione da monitorare o controllare. Sensori e controlli collegati alla RTU devono essere affidabili e adeguatamente accurati per un funzionamento corretto del sistema SCADA.
- **Installazione e messa in funzione del sistema:** L'installazione professionale delle componenti del sistema SCADA nell'ottica della "semplicità di manutenzione" è tanto importante quanto qualsiasi altra fase per l'integrazione del sistema. Questo lavoro può essere eseguito internamente dall'azienda o da una ditta esterna che curi l'integrazione del sistema.
- **Costi di manutenzione del sistema:** Questi includono i costi di tutte le riparazioni e della manutenzione preventiva. Il dato complessivo può essere scomposto tra i diversi segmenti del sistema installato. Va considerata anche la manutenzione delle apparecchiature per la trasmissione dei dati.
- **Operatori e Tecnici:** Per far funzionare questi sistemi, le aziende di gestione devono impiegare operatori ben addestrati che lavorano su 3 turni. Questo costo è naturalmente associato alle trasferte periodiche presso i siti remoti per la revisione dello stato di tali siti.
- **Altri fattori di costo:** Le apparecchiature installate sul campo, come i sensori, devono essere testate e calibrate periodicamente. Uno dei principali vantaggi di una RTU intelligente è che permette di eseguire queste operazioni in remoto, utilizzando metodi di calibrazione gestiti tramite un apposito software.

6.8 Bibliografia

- WSA/WCA Engineering and Operations Committee, (1994), "Managing Leakage", UK Water Industry Managing Leakage Reports A – J, London
- Lambert. A.0, (2001), "What do we know about pressure: leakage relationships in distribution systems?", Proceedings of IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management, Brno, Czech Republic.
- Kazantzis, G.; Iosifidis, V.; Anagnostopoulos, K.; Angelidis, K., (2003), "Application of acoustic methods for leak detection and reduction in complex water supply networks with no area flow metering", Urban and Rural Water Systems for Sustainable Development, XXX IAHR Congress, August 2003, Thessaloniki, Greece.
- Lambert. A. O and Tooms.S, (2005), "Effects of Pressure on Leakage Management", Seminar – A UK view on the work of the IWA's Water Loss Task Force, Birmingham.
- Pilcher, R.; Dizdar, A.; Toprak, S.; De Angelis, E.; Koç, A. C.; Dilsiz, C.; De Angelis, K.; Dikbaş, F.; Fırat, M.; Bacanlı, Ü. G., (2008), "The Basic Water Loss Book", Leonardo Da Vinci Project TR/06/B/F/PP/178065 PROWAT.
- Thornton, J., (2003) "Managing Leakage by Managing Pressure", Water 21, October 2003.
- Christodoulou, S.; Agathokleous, A.; Charalambous, B.; Adamou, A., (2010), "Proactive Risk-Based Integrity Assessment of Water Distribution Networks", Water Resources Management, 24: 3715-3740.
- Goodman, L., (2011), "Guidelines For Successful LDC Pipe Replacement Programs", Pipe & Gas Journal, January 2011, Vol. 238, No: 1.
- Wikipedia, (2011), http://en.wikipedia.org/wiki/SCADA.
- Ehrenreich, D., (2005), "Operating Benefits Achieved with SCADA for Water Distribution", BCWWA Conference, November 28-29, 2005, Vancouver, Canada.
- Dobriceanu, M.; Bitoleanu, A.; Popescu, M.; Enache, S.; Subtirelu, E., (2008), "Automated Monitoring and Control System for Water Distribution Networks", 6th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE'08), Rhodes, Greece, August 20-22, 2008.
- Misiunas, D., (2008), "Failure Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Suply Systems", the 7th International Conference Environmental Engineering, 22-23 May 2008, Vilnius, Lithuania.
- Thomson, J.; Wang, L., (2009), "State of Technology Review Report on Condition Assessment of Ferrous Water Transmission and Distribution Systems", EPA/600/R-09/055, June 2009, www.epa.gov/ord
- IPWEA, (2006), "The International Infrastructure Management Manual", NAMS Group, New Zealand.
- Saegrov, S.; Melo Baptista, J. F.; Conroy, P.; Herz, R. K.; LeGauffre, P.; Moss, G.; Oddevald, J. E.; Rajani, B.; Schiatti, M., (1999), "Rehabilitation of Water Networks Survey of Research Needs and On-going Efforts", Urban Water, 1, 15-22.
- Rajani, B.; Kleiner, Y., (2002), "Towards Pro-active Rehabilitation Planning of Water Supply Systems", National Research Council Canada (NRCC) report no: 46095.

CAPITOLO 7

Opzioni Sociali

7. Opzioni sociali

7.1 (U.D. 1) Campagne informative

7.1.1 Organizzazione di campagne informative stagionali ed occasionali

La consapevolezza pubblica è un primo passo fondamentale per condividere con la cittadinanza la necessità di gestione dei progetti relativi all'idraulica urbana e le difficoltà che ne possono derivare per la vita quotidiana. Ci sono diversi modi per incrementare la consapevolezza circa la necessità delle misure e delle azioni che potrebbero essere attuate per mantenere e migliorare una rete di distribuzione idrica a servizio di una comunità. Campagne informative stagionali ed occasionali rappresentano strumenti potenti per il raggiungimento di questo obiettivo. Sebbene l'organizzazione di una campagna informativa dipenda dalla specifica questione in merito alla quale si vuole informare il pubblico, esistono alcune fasi generali di cui si dovrebbe sempre tener conto quando si organizzano tali campagne.
Un evento semplice può essere molto efficace nella fase iniziale della campagna informativa. Un aspetto molto importante è il "messaggio" trasmesso alla gente. Il messaggio dovrebbe infatti essere chiaro e indicare le azioni che verranno intraprese e come queste faranno la differenza. In ogni campagna informativa è molto importante anche un piano dettagliato e flessibile, scritto in modo semplice e che possa essere implementato in un modo strutturato. Il piano consente di eliminare le attività improduttive e dovrebbe essere condiviso e condiviso da tutti i membri coinvolti nell'organizzazione della campagna. Per valutare la fattibilità di una campagna e a quale livello conviene implementarla, si può procedere ad un'analisi che ne evidenzi punti di forza e di debolezza, opportunità e minacce (analisi SWOT) .
La struttura del piano di una campagna informativa dovrebbe coinvolgere i seguenti punti:

1. Tempistiche
   - Stabilire un calendario
   - Fissare i tempi della campagna
   - Durata della campagna
   - Fasi di verifica e valutazione dell'efficacia della campagna.
2. Attività
   - Strumenti da utilizzare (sondaggi/inchieste telefoniche/mailing list)
   - Programmazione di incontri e workshop
   - Identificazione di persone e ruoli (attività e obiettivi)
   - Il messaggio
   - Parametri di confronto per la verifica dell'efficacia – valutazione e verifica – prendere una decisione riguardo la continuazione o l'interruzione della campagna – processo decisionale
3. Risorse/Budget
   - Chi sarà coinvolto?
   - Quanto tempo è richiesto ai vari membri per ciascuna fase della campagna?
   - Quali metodi di comunicazione verranno utilizzati?
   - Decisioni in merito al materiale cartaceo (lettere, manifesti, newsletter) ed altre risorse per la campagna
   - Qual è il budget della campagna? Quanto costeranno i materiali?
   - In quali ulteriori costi si potrebbe incorrere?
   - Chi si occuperà di consultare/informare l'azienda di gestione?
   - In quali sedi si svolgeranno per gli incontri e la formazione?
4. Potenziali strategie offensive e difensive
   - Conoscere i punti di forza e di debolezza della campagna
   - Formulazione della strategia (chi è l'incaricato, chi dovrebbe essere coinvolto e quando)
   - Stabilire una strategia mediatica (se necessario)

- Valutazione degli imprevisti (che impatto potrebbero avere sulla campagna?)
- Divulgazione dei risultati positivi presso un pubblico più vasto

Al fine di realizzare una campagna informativa di successo, gli organizzatori dovrebbero sempre tenere in mente alcuni suggerimenti utili. Prima di tutto la campagna deve essere realistica. Gli organizzatori dovrebbero prevedere i risultati raggiungibili ed identificare il pubblico che ne può trarre beneficio. La campagna dovrebbe essere pianificata in accordo con i membri coinvolti. I membri dovrebbero essere incoraggiati a contribuire con le loro idee ed a partecipare ad attività e assumere piccoli impegni (come parlare con i colleghi o distribuire i materiali). Gli organizzatori non dovrebbero dimenticare di ringraziare tutti i membri per il lavoro svolto perché, se si sentono valorizzati e parte integrante dell'attività, la campagna informativa risulta più piacevole, più persone si sentono coinvolte e il lavoro si rivela più efficace. Inoltre, dovrebbero essere coinvolti quanti più membri possibile. Maggiori sono le differenze di età, ruoli, interessi, settori di provenienza dei membri, più ricca sarà la campagna informativa. L'approccio personale è molto efficace, quindi è meglio contattare le persone faccia a faccia, mantenendo l'approccio semplice e flessibile. Dovrebbero essere coinvolti i media ed i risultati dovrebbero essere pubblicizzati per mezzo di brevi report. Si dovrebbero considerare le migliori pratiche ed anche la conoscenza di tutti i membri coinvolti. Infine, le tempistiche della campagna sono fondamentali. Gli organizzatori dovrebbero capire quando è il caso di adattare la campagna e sapere quando fermarsi ed ascoltare i feedback.
In particolare, per una campagna relativa all'acqua andrebbero considerate le seguenti fasi:

- valutazione delle pratiche correnti e ricerca di possibili miglioramenti
  - analisi delle pratiche di utilizzo dell'acqua correnti
  - valutazione delle "buone pratiche" attuali
  - coordinamento delle attività di risparmio idrico
  - definizione degli obiettivi e degli indicatori di partecipazione pubblica (considerando tutti gli interessi, ma tenendo conto solo di quelli che possono realmente cambiare qualcosa o avere una qualche influenza)
  - ricerca di soluzioni accettabili
  - test pilota – dimostrazione di metodi avanzati
- elaborazione dell'idea
  - ricerca di argomenti validi
  - tenere in considerazione valori culturali, tradizioni e credenze religiose
  - ricerca di metodi semplici per descrivere qualsiasi problema
- definizione di metodi per le relazioni ed il coinvolgimento pubblico
  - presentazioni da parte di professionisti e coinvolgimento dei mass media
  - intensificazione della campagna in un breve periodo di tempo
  - brochures e opuscoli
  - eventi tradizionali (festival, occasioni festive, fiere, ecc.)
  - imposte sull'acqua
  - coinvolgimento di agenzie pubblicitarie
- indicatori di valutazione
  - valutazioni quantitative (quantità di persone, donne, gruppi target, ecc.)
  - valutazione dell'entità della partecipazione
  - discussione dei concetti per gruppi specifici
  - indagini ed interviste sociologiche (questionari)

Altre azioni ed idee che possono anche essere utilizzate perché la campagna abbia successo:

- Formazione dei formatori per la campagna di mobilitazione:
  - formazione degli insegnanti
  - formazione dei formatori
  - produce a package of manuals and learning aids for trainers
  - produzione di manuali e consigli per l'apprendimento per i formatori
- Supportare la partecipazione pubblica:

  - supporto politico (esercitare pressioni attraverso la politica)
  - supporto governativo, colloqui con professionisti
  - supporto scientifico
  - supporto dei leader religiosi
- Altri strumenti relativi all'acqua:
  - sistema di misura e contabilizzazione dell'acqua (presso le fonti di approvvigionamento e sul campo)
  - tariffe idriche
  - preservazione della risorsa idrica
  - incentivi economici
  - accesso ad informazioni relative all'acqua (pubblicazione periodica dei dati: chi, quanto e per quale motivo si consuma acqua)
- Supporto dei settori delle cooperative e non commerciali:
  - associazioni dei consumatori
  - "Tavole rotonde"
  - grandi utenze
  - autorità locali
  - eventi pubblici organizzati da sponsor
  - concorsi sul tema del risparmio idrico (buoni premio)
  - sindacati dei lavoratori
- Educazione:
  - attività nelle scuole
  - seminari per insegnanti
  - stimolo alla creatività dei bambini (mostre specifiche)
  - campi estivi
  - visite di istruzione alle infrastrutture idriche
  - manifesti (locandine, poster istruttivi da attaccare alle pareti delle aule)
  - inserimento di voci specifiche nei curricula ("Acqua e storia", "Acqua e normative", "Risorse idriche – Geografia", " Acqua e chimica", "Acqua e matematica", ecc.)
  - lezioni brevi (es. Letture)
- Coinvolgimento dei mass media:
  - giornali, riviste, radio, TV
  - locandine, opuscoli (materiale educativo a supporto delle iniziative)
  - aspetti istituzionali del coinvolgimento dei mass media
  - Internet (sit web, conferenze virtuali, reti)
  - conferenze stampa
  - esibizioni e concerti

7.1.2 Preparazione di opuscoli, messaggi, annunci

Tra le tecniche più utili per accrescere la consapevolezza pubblica si annoverano: la preparazione e distribuzione di volantini e opuscoli, newsletter, stand ed esposizioni, presentazioni in spazi pubblici, quotidiani, spot radiofonici e televisivi, divulgazione di materiale audiovisivo, visite organizzate presso gli impianti e informazione rese disponibili via internet e tramite incontri pubblici (IEMA, 2002).

Un volantino consiste in un messaggio scritto o espresso tramite immagini su un singolo foglio di carta. L'invio di un volantino o un opuscolo è una caratteristica comune di ogni campagna di direct-mail, ma lo stesso prodotto può anche essere utilizzato in rete o negli incontri educativi faccia a faccia e incluso tra i materiali per la formazione a distanza. Un volantino ben progettato può contenere una grande quantità di informazioni. L'elemento chiave, in ogni caso, nella progettazione di un opuscolo, o anche di una brochure più corposa, o di un semplice volantino di una sola pagina, sono l'utilizzo creativo dei titoli, la struttura del testo e il tipo di carta. Dal

momento che questo tipo di materiali viene normalmente utilizzato per la distribuzione di massa ad un pubblico generale, essi devono contenere un linguaggio semplice, un numero limitato di informazioni ed un messaggio chiaro e logico. Una buona progettazione contribuisce a rendere l'opuscolo di facile lettura e ne assicura un impatto migliore. Il vantaggio di utilizzare volantini e opuscoli in un'unica pagina è evidente. Essi sono leggeri e facili da distribuire, relativamente economici e veloci da produrre e comodi da conservare e leggere. Non hanno bisogno di essere rilegati o incollati e possono essere realizzati semplicemente in ufficio, utilizzando una fotocopiatrice, per piccole tirature.

La divulgazione di informazioni tramite messaggi audiovisivi è anch'essa uno strumento molto importante. Tuttavia, realizzare uno spot radiofonico o televisivo è più costoso e richiede la consulenza di un esperto, nel caso si decida di procedere in tal senso. Comunicati stampa, notizie flash e annunci di pubblico servizio sono i modi più semplici per la distribuzione di informazioni di questa tipologia.

7.2 (U.D. 2) Programmi educativi

7.2.1 Organizzazione di programmi educativi per addetti, ONG e persone interessate

Una delle misure più efficaci per migliorare l'efficienza di un'azienda di gestione e migliorare i servizi offerti al pubblico è l'organizzazione di programmi educativi.

Per il personale aziendale questi programmi dovrebbero essere compatti ed intensivi e, preferibilmente, dovrebbero svolgersi al di fuori dell'azienda. Esperti e specialisti del settore possono essere coinvolti per dare lezioni ai membri dello staff. La durata dei corsi può variare, in funzione degli argomenti oggetto di insegnamento, del numero di partecipanti e della volontà aziendale di intraprendere un'attività tanto significativa. Per fare un esempio indicativo, una durata di 5 giorni (da 30 a 40 ore) può essere sufficiente per un corso intensivo sulla "Manutenzione preventiva". Ogni specifico corso dovrebbe condurre ad una valutazione formale delle nuove conoscenze acquisite (esercitazioni, applicazioni pratiche, esami). Tenendo conto del ritmo di avanzamento delle conoscenze, questi corsi dovrebbero essere ripetuti ogni 4-5 anni, a seconda delle effettive esigenze dell'azienda di gestione. Il costo di tali corsi è relativamente molto basso, anche se l'azienda volesse aggiornare le conoscenze dei propri addetti piuttosto spesso.

Un aspetto importante per l'accettazione sociale delle misure adottate dall'azienda di gestione è l'attività educativa rivolta alle ONG e al pubblico. Ciò risulta fondamentale quando devono essere attuate misure di emergenza, durante gli anni di siccità. Inutile dire che i programmi educativi in questione dovrebbero essere attivati con largo anticipo rispetto ai periodi critici. Le persone chiave nell'ambito delle ONG e tra il pubblico si distingueranno e giocheranno probabilmente un ruolo fondamentale se informate in maniera approfondita.

Ovviamente i programmi educativi rivolti alle ONG e al pubblico si concentreranno sul comportamento degli utenti nei confronti di qualsiasi possibile misura da adottare. Non è necessario approfondire i dettagli tecnici. Ciò si traduce in programmi educativi di breve durata (es.1-2 giorni).

7.3 (U.D. 3) Politiche tariffarie

7.3.1 Razionalizzazione delle politiche tariffarie

Le tariffe idriche (il costo o il valore al quale l'acqua può essere acquistata o venduta) sono uno strumento fondamentale per tutte le attività di gestione.

La direttiva quadro sulle acque (Water Framework Directive - WFD, 2000/60) impone che le tariffe incentivino adeguatamente ad un utilizzo efficiente delle risorse idriche e garantiscano la copertura integrale dei costi dei servizi idrici. Il recupero dei costi non riguarda solo i costi di approvvigionamento dell'acqua, la manutenzione e le nuove infrastrutture, ma anche i costi ambientali e relativi alle risorse, secondo il principio "chi usa paga".

Ci sono diversi tipi di tariffe applicate all'utenza, ma le tre tipologie principali sono: (a) tariffa forfettaria fissa (in genere utilizzata quando i consumi idrici non vengono misurati), (b) tariffa a blocchi crescenti, e (c) tariffa uniforme proporzionale ai volumi. Speciali tariffe stagionali o relative a situazioni di crisi idrica possono essere applicate nei periodi estivi o negli anni caratterizzati da siccità.

L'argomento è vasto e fondamentalmente esula dai temi affrontati in questa pubblicazione.

7.3.2 Politiche tariffarie a supporto delle classi più deboli

Mettendo in relazione il consumo di acqua potabile con il prezzo, gli utenti più poveri potrebbero essere costretti a ridurre i consumi, mettendo a rischio la propria salute. Con una struttura tariffaria di tipo volumetrico adeguata e/o il sostegno di queste categorie di utenza, tali impatti potrebbero essere evitati e si terrebbe conto della differenziazione sociale.

Le questioni legate all'accessibilità possono essere affrontate tramite misure tariffarie, note come tariffe sociali (OCSE, 2002), ad esempio tariffe a blocchi crescenti che tengano conto delle differenze sociali, con tariffe diversificate per specifiche categorie di utenza, quote fisse più basse (anche se in perdita) per le categorie svantaggiate, contratti di servizio speciali per le utenze vulnerabili, con modalità di pagamento agevolate, ecc.

7.3.3 Politiche tariffarie specifiche per le varie tipologie di fornitura (es. industria, turismo, attività commerciali, enti pubblici)

In molti casi, vengono applicate tariffe differenziate in base alla diversa tipologia di utenza, ad esempio per l'uso domestico, commerciale, industriale e pubblico.

7.3.4 Bonus e penalità per gli utenti

Un'altra tipologia di politica tariffaria è l'utilizzo di bonus o penalità per gli utenti, nel caso in cui dimostrino un risparmiano o un consumo eccessivo di acqua, in particolare durante i periodi critici, durante l'anno, o in occasione di annate siccitose.

I bonus sono in prevalenza di tipo economico, ma in alcuni casi possono essere previsti incentivi per facilitare gli utenti a consumare di meno. In casi estremi si possono anche adottare misure molto innovative (ad esempio premi-vacanze, ecc.)

7.4 (U.D. 4) Partecipazione pubblica

7.4.1 Organizzazione di incontri regolari

Incontri regolari possono essere considerati il cardine di un processo partecipativo, in quanto forniscono l'ambiente adatto per lo scambio di idee tra quante più persone possibile, appartenenti a categorie differenti. Fatta questa premessa, la maggior parte delle fasi organizzative presentate in questo paragrafo può essere utilizzata nell'organizzazione di altri processi partecipativi. Inoltre, dal momento che molte fasi sono collegate tra loro o possono essere sviluppate parallelamente, e siccome diversi livelli di partecipazione possono richiedere fasi intermedie leggermente differenti, di seguito vengono presentate solamente le fasi fondamentali (essenziali).

Definire e chiarire gli obiettivi del processo partecipativo e gli impatti desiderati è l'aspetto più essenziale e può essere considerato come la prima fase dell'organizzazione del processo partecipativo. La decisione fondamentale è il livello di partecipazione a cui l'organizzatore mira, in quanto tale informazione può implicare diversi approcci intermedi piuttosto che la necessità di consulenze o deleghe. Gli obiettivi specifici dipendono dalla natura della decisione e dal livello del processo di pianificazione. Nelle prime fasi della pianificazione, l'informazione e l'educazione del pubblico sono gli aspetti più importanti. Nelle fasi intermedie, si dovrebbe ottenere l'apprendimento da parte dei partecipanti, assistere alla generazione di alternative e condivisione dell'impostazione di criteri accettati reciprocamente. Nella fase di valutazione si dovrebbe giungere ad una decisione consensuale, mentre in fase di implementazione l'obiettivo auspicabile è la riduzione dei conflitti.

Gli obiettivi e le aspettative di un incontro partecipativo dovrebbero essere chiari. Le aspettative non soddisfatte possono determinare una mancanza di fiducia del pubblico nei confronti del processo ed indurre il pubblico a non partecipare agli incontri successivi. Una serie di incontri in sequenza contribuirà ad evitare la sovrapposizione di diversi obiettivi partecipativi ed agevolerà il soddisfacimento delle aspettative di ogni incontro. Il valore di ogni incontro è una questione importante per la continuità del processo partecipativo e per l'acquisizione di decisioni critiche che potrebbero contribuire in tal senso. Dal momento che le diverse parti potrebbero avere aspettative diverse, gli organizzatori dovrebbero decidere attentamente quali sono gli obiettivi da raggiungere, renderli chiari ai partecipanti e quindi inquadrare il processo di conseguenza. E' ovvio che la parte rappresentata dai decisori (*decision makers*) potrebbe voler prendere una decisione in tempi rapidi, mentre i cittadini meno informati hanno bisogno del loro tempo per esprimere il proprio punto di vista.

Reclutare i partecipanti è un altro aspetto fondamentale della procedura. In un processo ideale "tutti coloro i cui interessi saranno coinvolti dovrebbero avere l'opportunità di partecipare, e tutti i cittadini ritenere che i loro interessi siano rappresentati correttamente anche se scelgono di non partecipare direttamente" (Bloomfield *et al.*, 1998). In pratica questo è impossibile da ottenere. Quindi, nella maggior parte dei casi, sono invitati a partecipare i principali portatori di interesse, quali enti pubblici e privati, ONG, agenzie ufficiali, università, aziende ed industrie, ma anche gruppi locali, come comitati locali, associazioni di cittadini e gruppi di professionisti, e ancora singoli cittadini in particolare, come proprietari terrieri e residenti. La selezione dettagliata dei partecipanti dipende dallo scopo e dagli obiettivi dell'incontro. Se l'obiettivo, per esempio, è l'informazione e l'educazione, una rappresentanza adeguata potrebbe non essere importante. Essa è da ritenersi fondamentale, invece, se l'obiettivo è quello di ottenere una decisione consensuale. Se l'obiettivo è la riduzione dei conflitti, dovrebbero essere presenti le diverse parti e le componenti marginali.

Anche la scelta di un moderatore professionista, neutro, è considerata necessaria per un evento efficace. La pianificazione e la conduzione appropriate di un incontro da parte degli organizzatori (personale, luogo e attrezzature, ecc.) è essenziale non solo per il successo dell'incontro in sé, ma anche per l'impegno dei partecipanti nel processo.

La valutazione di un evento o dell'intero processo può essere considerata come fase finale, ma è fondamentale, non solo per la valutazione dell'impatto e del valore aggiunto del processo, ma anche al fine di migliorare i processi futuri grazie alle conoscenze acquisite. La valutazione dovrebbe giudicare il raggiungimento degli obiettivi stabiliti prima del processo, come anche la qualità del processo stesso. La valutazione dovrebbe essere condotta dagli organizzatori. Tuttavia, alcuni obiettivi possono non essere facilmente quantificabili dagli organizzatori da soli. Tecniche di valutazione comune, come questionari e interviste, possono aiutare a risolvere queste situazioni.

7.4.2 Report di revisione

Anche la revisione del processo partecipativo è un argomento importante ai fini della conclusione del processo. Un report che faccia riferimento al livello di raggiungimento degli obiettivi, alle nuove idee proposte, come gli argomenti su cui si sono concentrate le discussioni, può risultare uno strumento molto utile per correggere o modificare i piani originali di un progetto. Dovrebbe essere riportata anche una valutazione della qualità del processo.

Un report completo dovrebbe includere indicazioni circa il livello di partecipazione, come sulla gamma dei partecipanti. Dovrebbe indicare se tutte le parti interessate e coinvolte sono state rappresentate negli incontri, come se gli incontri sono stati organizzati in date e luoghi convenienti. Si dovrebbe anche riferire se i mezzi di comunicazione erano appropriati per tutti i partecipanti. Per esempio, l'uso di un linguaggio tecnico o la mancanza di traduzioni potrebbero rappresentare un ostacolo per alcuni partecipanti. Dovrebbe far parte del report anche una valutazione circa il livello di interazione (discussioni e dibattiti) tra i partecipanti. Sono importanti anche le tempistiche del processo partecipativo, in particolare per quanto riguarda la fase di avvio, come la risposta dei decisori al processo. Infine, dovrebbero essere documentati e pubblicizzati gli scopi e gli obiettivi, gli input e gli output attesi dal processo e le decisioni finali.

7.4.3 Presentazioni occasionali

Presentazioni a cadenza regolare sono molto importanti per il livello di informazione del processo di partecipazione pubblica, in particolare nelle fasi iniziali di un progetto ed specialmente nel settore della gestione dei servizi idrici urbani e delle questioni legate alle aziende del servizio idrico. Questo perché le decisioni che riguardano il servizio idrico urbano sono complesse e richiedono un determinato livello di conoscenze tecniche e scientifiche, che non si possono acquisire facilmente o non sono neanche alla portata della maggior parte dei cittadini.

Il ruolo delle competenze scientifiche è vitale in questo contesto. Gli esperti hanno un ruolo chiave nella presentazione di questioni tecniche e possono fornire un'informazione accurata e completa a tutti i diversi gruppi ed individui, senza sminuire il valore scientifico del progetto. Il ricorso privilegiato ad esperti, tuttavia, può dare l'impressione che le autorità stiano cercando di ingannare i partecipanti fornendo loro informazioni che tendono a creare favore verso decisioni già prese. Tale atteggiamento amplificherà la sensazione di ignoranza dei cittadini, togliendogli la percezione di potere decisionale e portandoli a non partecipare più al processo. I conflitti diventeranno irrisolti e gli incontri regolari non saranno in grado di raggiungere decisioni consensuali. Quindi, questo tipo di presentazioni occasionali dovrebbe essere organizzato

molto attentamente e le presentazioni scientifiche dovrebbero essere chiare, evitando elementi di incertezza.

7.4.4 Fondamenti della partecipazione pubblica

Con il termine “partecipazione” ci si riferisce al coinvolgimento del pubblico nei processi decisionali. Oggi si assiste ad una tendenza crescente, a livello mondiale, della partecipazione pubblica, in particolare nei processi decisionali che riguardano tematiche ambientali, tra cui la programmazione e la gestione delle risorse idriche per l’uso idropotabile. Il grado di coinvolgimento può, chiaramente, essere molto variabile.

Tra le ragioni principali di questo interesse crescente ci sono le debolezze della democrazia rappresentativa, l’incertezza e la complessità scientifica, l’inefficacia nell’attuazione delle politiche e i conflitti tra i diversi gruppi. Con debolezza della democrazia rappresentativa ci si riferisce in particolare alla convinzione di gruppi di persone, specialmente coloro che sono considerati o si sentono svantaggiati, di essere esclusi dalle decisioni che riguardano la loro vita. Le decisioni prese dai governi centrali (distanti) spesso mancano di esprimere le volontà delle popolazioni locali. D’altro canto, i problemi ambientali, tra cui quelli relativi alle risorse idriche, sono molto complessi, con molte incertezze e rischi associati. Gli scienziati hanno fallito nel prevedere il pericolo, dimostratosi concreto, di inaffidabilità delle reti di distribuzione idrica. Inoltre, in seguito al verificarsi di situazioni di crisi di tale genere, gli esperti hanno espresso opinioni differenti, diminuendo la fiducia pubblica nelle competenze professionali. Anche l’attuazione delle politiche, in molti casi, si è dimostrata infruttuosa. Le politiche centralizzate spesso risultano improduttive, mentre i processi di decisione partecipativi mostrano la potenzialità di migliorare la qualità dei processi decisionali, attingendo a conoscenze locali e riducendo i conflitti fin dalla fase progettuale. Questa procedura aumenta le probabilità che l’attuazione delle politiche risulti più legittima, efficace, efficiente e sostenibile. Infine, l’esclusione di gruppi di popolazione dalle decisioni porta immancabilmente a conflitti nel processo attuativo. Decisioni consensuali, soprattutto con la partecipazione dei gruppi di popolazione che si trovano ad affrontare le conseguenze delle procedure, possono alleviare queste tensioni. (Pimbert e Wakeford, 2001)

Gli obiettivi principali del progresso partecipativo sono:

- educare i partecipanti e incrementare la consapevolezza pubblica.
- migliorare la qualità delle decisioni, imparando dai partecipanti e dalla loro conoscenza locale.
- consentire alle voci marginali di essere ascoltate e migliorare la comprensione reciproca tra i partecipanti
- raggiungere accordi e decisioni consensuali.
- ridurre i motivi di conflitto e ulteriori cause di ritardi lungo il percorso dei processi decisionali e dell’attuazione delle politiche
- rendere più forte la comunità locale nel prendere decisioni

Uno degli aspetti chiave alla base della partecipazione pubblica sono i livelli di partecipazione. Al livello inferiore, si può trovare una semplice *informazione* circa i contenuti e i processi decisionali. Questa informazione è resa disponibile alle parti interessate ed al pubblico attraverso tecniche di divulgazione standard. Un livello superiore è rappresentato dalla *consultazione*. Il pubblico è invitato (sotto la responsabilità delle autorità) a trasmettere osservazioni in forma scritta o esprimerle oralmente durante incontri, audizioni, ecc. Il livello successivo è quello del *coinvolgimento*, in cui le autorità sono tenute ad accogliere alcune delle osservazioni del pubblico nella decisione finale e spiegare adeguatamente perché ne rigettano altre. Se consideriamo i livelli di partecipazione alla stregua di una scala, nella forma proposta da Arnstein (1969), i gradini successivi spaziano dalla *collaborazione* tra autorità e pubblico alla

delega della decisione da parte dell'autorità a comitati rappresentativi dei cittadini. In cima alla scala c'è l'*auto-determinazione*. Nell'auto-determinazione, si applicate forme organizzative democratiche più radicali, secondo cui le comunità assumono il potere di assumere ed attuare decisioni. Ciò potrebbe significare, per esempio, l'assunzione del controllo sul gestore dei servizi idrici urbani da parte degli utenti.

Un altro aspetto importante alla base della partecipazione pubblica è stabilire dove e quando questa partecipazione possa avvenire. Una regola generale è che la partecipazione pubblica debba essere attiva durante tutto il processo decisionale relativo a un piano o un progetto. E' importante coinvolgere il pubblico nelle fasi iniziali del processo e non limitarne il contributo alla fase attuativa o a sottosezioni del progetto, quando le decisioni fondamentali sono già state prese. (UNEP/PAP/RAC, 2007). Idealmente, la partecipazione pubblica dovrebbe iniziare ancora prima che il problema sia stato inquadrato compiutamente. E' ovvio che un piano non può essere efficace senza il parere di coloro che lo dovranno realizzare e ci dovranno vivere. D'altra parte, le conoscenze dei cittadini possono fornire informazioni valide ed idee per la generazione di strategie alternative. Inoltre, diversi gruppi di persone e soggetti interessati potrebbero assegnare pesi diversi e diversi criteri a soluzioni alternative, in quanto le conseguenze di un processo potrebbero essere diverse tra i differenti gruppi e un impatto negativo per un gruppo potrebbe rivelarsi positivo per un altro.
Il coinvolgimento dei cittadini è importante anche durante la fase di "monitoraggio e valutazione", successiva a quella decisionale. I comitati di cittadini possono seguire la conformità dell'operato delle autorità, secondo un piano condiviso, e fornire un feedback per la valutazione degli impatti e la valutazione dei risultati.

La partecipazione pubblica è ritenuta essenziale in programmi specifici per il miglioramento dell'efficienza delle reti di distribuzione idrica, come l'installazione dei contatori e i programmi di monitoraggio, i piani di ricerca perdite, ecc. La partecipazione pubblica può anche ridurre i conflitti in decisioni controverse, come l'approvazione di nuovi progetti idraulici, decisioni riguardo gli standard di qualità e i livelli di trattamento o monitoraggio, le politiche tariffarie, ecc. Infine, è consigliabile stabilire una struttura organizzativa permanente per la partecipazione nel settore dei servizi idrici urbani. Ciò consentirà di ridurre gli sforzi, in quanto i processi e gli strumenti non dovranno essere messi a punto ogni qualvolta fosse necessaria la partecipazione per una sotto-decisione.

7.5 (U.D. 5) Audit esterno sulla qualità dei servizi

7.5.1 Requisiti del'audit (qualità dei servizi e stato del sistema)

Un audit sull'acqua può essere considerato alla stregua di un esame approfondito circa l'accuratezza delle informazioni a disposizione delle agenzie preposte e del sistema di controllo. I gestori dei servizi idrici possono utilizzare gli audit per determinare l'efficienza del proprio sistema di distribuzione. L'obiettivo generale è quello di individuare, quantificare, e verificare le perdite idriche e di fatturazione. Questo permette all'azienda di gestione idrica di selezionare ed attuare programmi per ridurre le perdite idriche e di fatturazione e migliorare i servizi offerti. Questi controlli vengono in genere eseguiti annualmente, per aggiornare i risultati degli audit precedenti.

Ci sono diversi metodi di condurre un'ispezione esterna su un sistema di approvvigionamento idrico, con lo scopo di migliorare l'efficienza del sistema stesso. Alcuni dei passi fondamentali e delle tecniche impiegate l'audit sono i seguenti:

Fase 1: Quantificare l'offerta idrica

Passo 1: Identificare le fonti di approvvigionamento

Passo 2: Quantificare la disponibilità idrica da ogni fonte
Passo 3: Verificare ed adeguare i volumi captati
Fase 2: Quantificare il consumo autorizzato misurato
Passo 1: Identificare il consumo misurato
Passo 2: Quantificare il consumo misurato
Passo 3: Verificare ed adeguare i volumi relativi al consumo misurato
Fase 3: Quantificare il consumo autorizzato non misurato
Passo 1: Identificare il consumo il consumo autorizzato non misurato
Passo 2: Stimare i volumi relativi al consumo autorizzato non misurato
Fase 4: Quantificare le perdite idriche
Passo 1: Identificare potenziali perdite idriche
Passo 2: Stimare i volumi di perdita per tipologia
Fase 5: Analizzare i risultati dell'audit sull'acqua e considerare misure correttive
Passo 1: Calcolare tutti gli indici di efficienza e confrontarli con i valori limite
Passo 2: Formulare un Programma di misure per giungere all'obiettivo.
Passo 3: Descrivere le procedure e la programmazione delle azioni necessarie

Se l'obiettivo è diverso da quello sopra rappresentato, potrebbero dover essere introdotte delle varianti, che riflettano l'obiettivo desiderato. Se, per esempio, l'obiettivo è quello di migliorare la qualità dei servizi offerti, l'audit dovrebbe tener conto dei metodi di acquisizione delle opinioni degli utenti attraverso questionari o qualsiasi altra procedura efficace.
Conclusively, audit is essential if the performance of the Utility, its economic efficiency and the quality of service are to be improved and sustainability of operations is to be secured.
In conclusione, l'audit è essenziale se le prestazioni dell'azienda di gestione, la sua efficienza economica e la qualità del servizio devono essere migliorate e si deve assicurare la sostenibilità delle operazioni.

7.5.2 Specifiche dell'audit esterno

Le funzioni principali di un auditor esterno sono:
- Progettazione, revisione e sviluppo di tecniche di controllo per la valutazione esaustiva del reporting relativo al controllo finanziario e di sistema.
- Revisione e valutazione della validità e dell'efficienza di tutti i sistemi di controllo interno, non limitate alle procedure operative e finanziarie.
- Analysing outcomes of audit activities, providing timely and accurate reports and following through to ensure that recommendations are considered and implemented in a timely manner.
- Analisi dei risultati delle attività di audit, fornendo report tempestivi e accurati e seguendo il processo in modo da assicurarsi che le raccomandazioni vengano prese in considerazione ed attuate nei tempi richiesti.
- Esecuzione di valutazioni ed indagini particolari, che potrebbero essere richieste di tanto in tanto, e predisposizione di relazioni sui risultati per il Consiglio di Amministrazione.

In aggiunta a quanto sopra, i membri dello staff possono assumere il ruolo di auditor (revisori) interni. Tra gli altri, gli auditor interni hanno i seguenti compiti:
- Elaborazione del programma di audit annuale ed assicurazione che venga attuato in maniera efficace ed efficiente.
- Liaising with the external auditors as appropriate to ensure that timely external auditing is carried out on the organisation.
- Mantenimento dei contatti con gli auditor esterni, in modo di assicurare che l'auditing esterno sull'organizzazione venga condotto in maniera tempestiva.

7.6 Bibliografia

Arnstein, S.R., 1969. *"A Ladder of Citizens' Participation"*, Journal of the American Institute of Planners, Vol. 30, pp. 216-224.

Bloomfield, D., Collins, K., Fry, C. and Munton, R., 1998. *"Deliberative and Inclusionary Processes: their Contribution to Environmental Governance"*, paper presented at the first ESRC "DIPs in environmental decision making" Seminar, 17 December 1998.

Institute of Environmental Management and Assessment (IEMA), 2002. *"Guidelines of Participation in Environmental Decision-Making"*, Perspectives Series, Lincoln, Institute of Environmental Management and Assessment.

OCSE, 2002. *"Social issues in the provision and pricing of water services"*, Organisation for Economic Cooperation and Development

Pimbert, M. and Wakeford, T., 2001. *"Overview, Deliberative Democracy and Citizen Empowerment"*, PLA Notes, Vol. 40, pp. 23-28.

UNEP/PAP/RAC, 2007. *"Integrated Coastal Urban Water System Planning in Coastal Areas of the Mediterranean – Volume II: Tools and Instruments"*, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, Chapter 8, pp. 93-106.

CAPITOLO 8

Buone Pratiche

8 BUONE PRATICHE

In questo capitolo vengono presentate applicazioni e buone pratiche di manutenzione preventiva in uso presso diverse aziende di gestione dei servizi idrici. Gli esempi sono tratti dall'A.T.O. n. 2 Marche Centro – Ancona, in cui la gestione è affidata alla Multiservizi S.p.a., dall'azienda municipalizzata di Denizli, in Turchia, dell'azienda di gestione dei servizi idrici di Los Angeles (Los Angeles Department of Water and Power), California (U.S.A.), e dall'ente gestore dei servizi idrici (Water Board) di Lemesos, a Cipro.

8.1 U.D. 1. Procedure di manutenzione preventiva adottate dalla Multiservizi s.p.a. (A.T.O. n. 2 Marche Centro – Ancona)

La Multiservizi S.p.a. esegue ispezioni e manutenzioni programmate per singole unità operative e sull'intera rete idrica ed anche sugli elementi strategici correlati, secondo una procedura specifica che definisce la responsabilità e metodologie relative alle attività di manutenzione preventiva. Gli interventi programmati, gestiti dalle Aree Territoriali in cui è suddivisa la struttura organizzativa e dalle Unità Operative Captazione e Adduzione, sono eseguiti sia da squadre operative di personale interno che da ditte specializzate esterne.

8.1.1 Scopi della manutenzione preventiva

Gli obiettivi generali delle ispezioni e della manutenzione programmata consistono nella prevenzione di guasti e nell'ottimizzazione del ciclo di vita e dei parametri di riferimento delle installazioni strategiche, ciò che si traduce in:

1) Riduzione dei costi di manutenzione;
2) Riduzione o eliminazione delle installazioni di singole macchine;
3) Riduzione degli interventi di manutenzione necessari;
4) Ottimizzazione del funzionamento dei macchinari, secondo le specifiche di progetto e dell'appalto;
5) Riduzione del consumo di energia elettrica grazie alle prestazioni ottimali delle macchine;
6) Riduzione della manutenzione straordinaria relativa alla sostituzione dei macchinari o al rinnovo complessivo dell'installazione.

8.1.2 Elementi coinvolti nella manutenzione preventiva

Ispezioni e manutenzione programmata riguardano le categorie di elementi strategici elencati di seguito:

1) Per quanto riguarda le unità:
   a) serbatoi,
   b) misuratori di livello,
   c) elettropompe turbo,
   d) impianti di disinfezione,
   e) cabine di trasformazione elettrica M.T./B.T.,
   f) gruppi elettrogeni utilizzati nell'ambito del sistema idrico,
   g) alimentazione elettrica per la protezione catodica,
   h) valvole di riduzione della pressione,
   i) uscite per i campionamenti,

2) Verifica dei contatori

Contemporaneamente agli interventi programmati sulle unità, è opportuno un controllo generale di tutti gli elementi rimanenti, non ritenuti strategici ma necessari per assicurare il corretto funzionamento dell'unità stessa, che vengono elencati di seguito:

- apparecchiature elettromeccaniche diverse dalle elettropompe identificate come elementi strategici (compressori, piccoli motori elettrici, commutatori elettrici, ventole, elettropompe di sicurezza, ecc.),
- valvole idrauliche e relativi elementi di comando,
- strumenti di misurazione (di capacità, di pressione, rilevatori del cloro residuo, ecc.),
- pannelli elettrici,
- impianti di messa a terra,
- infissi, recinzioni ed elementi architettonici in genere.

8.1.3 Procedure di manutenzione preventiva

Questa sezione descrive le attività da condurre durante le ispezioni e la manutenzione programmata, con relative periodicità, per ogni categoria di elementi strategici. La periodicità di ispezione e/o manutenzione ottimale e massima va intesa come l'intervallo ottimale o massimo tra due interventi consecutivi. Quindi, se un intervento programmato su uno specifico elemento strategico viene eseguito prima della data stabilita, le tempistiche degli interventi simili successivi verrà aggiornata secondo la periodicità stabilita.

Le attività descritte di seguito, e le relative frequenze, possono essere modificate in corso d'opera, in base ai risultati delle ispezioni, alla normativa vigente, ai manuali tecnici o alle istruzioni specifiche fornite dal produttore per ciascuna apparecchiatura. In questi casi, le Istruzioni Operative correnti vanno adeguatamente aggiornate.

8.1.4 Serbatoi

Aspetti generali

I serbatoi idrici sono soggetti a lavaggi periodici e programmati. In occasione dei lavaggi deve essere eseguita un'ispezione accurata della struttura del serbatoio ed una verifica dell'impermeabilizzazione interna; se necessario può essere consultato il personale tecnico addetto alla manutenzione delle strutture. Le presunte anomalie riscontrate dovrebbero essere notificate, in ogni caso, al summenzionato personale.

Le aperture dei serbatoi che comunicano direttamente con l'esterno sono in genere chiuse a chiave, mentre quelle che non comunicano con l'esterno si affacciano sulle camere di manovra dei serbatoi, le cui porte sono chiuse a chiave. Le chiavi per entrare nei serbatoi e nelle camere di manovra sono in possesso esclusivamente del personale aziendale addetto ai serbatoi e dei tecnici coordinatori e/o responsabili. L'ingresso ai serbatoi è ammesso esclusivamente durante le ispezioni o le operazioni di manutenzione ed in ogni caso alla presenza del personale aziendale.

Attrezzature impiegate

Le attrezzature impiegate per le operazioni di lavaggio dei serbatoi sono in genere:

1) Per l'ingresso nei serbatoi:
   - Stivali di gomma,
   - Copristivali o tappeti di gomma o plastica.
2) Per la pulizia delle pareti e del fondo del serbatoio:
   - Idropulitrice ad alta pressione con diffusore,
   - Spazzola raschiatrice, con setole di materiale sintetico e manico di legno.
3) Per la raccolta e la rimozione di qualsiasi materiale depositato sul fondo del serbatoio:

- Lame di acciaio con manici di legno,
- Contenitori sintetici con manico di acciaio,
- Corda di fibra naturale o sintetica.

4) Per la pulizia delle pareti e del fondo del serbatoio:
   - Acqua del sistema di distribuzione prelevata prima dello scarico (l'acqua viene spruzzata sulle superfici dall'idropulitrice ad alta pressione con diffusore).
5) Per entrare nel serbatoio in mancanza di scale fisse:
   - Scale di legno o di alluminio.
6) Per l'illuminazione dei serbatoi:
   - Lampade ricoperte esternamente con materiale sintetico, alimentate da un trasformatore a basso voltaggio.

Cautele

Le precauzioni nella pulizia dei serbatoi sono le seguenti.

- Le operazioni devono essere eseguite in modo da mantenere, per quanto possibile, la fornitura di acqua potabile nella rete di distribuzione.
- La pulizia di un serbatoio può essere attivata soltanto dopo che il serbatoio è stato messo fuori servizio, cioè dopo la chiusura delle valvole di ingresso e di uscita.
- Il personale addetto alla pulizia, ogni volta che entra in un serbatoio, deve pulire attentamente gli stivali.
- Vicino all'entrata del serbatoio, deve essere posizionato un tappeto sul quale il personale deve camminare, con gli stivali puliti, prima di entrare nel serbatoio. Il tappeto deve essere lavato con acqua prima e dopo ciascun impiego. In alternativa , si possono usare copristivali che vanno rimossi all'ingresso nel serbatoio.
- Tutta l'attrezzatura introdotta nel serbatoio deve essere prima attentamente lavata.
- Per i serbatoi con aperture di accesso direttamente dall'esterno, si deve evitare il lavaggio con condizioni meteorologiche avverse, per prevenire l'ingresso di materiali trasportati dal vento.

Pulizia

Le operazioni di pulizia dei serbatoi sono in genere le seguenti:

- Pulitura delle pareti utilizzando l'idropulitrice ad alta pressione in alternanza con le spazzole e pulitura finale con l'idropulitrice ad alta pressione;
- Pulizia del fondo del serbatoio per mezzo dell'idropulitrice ad alta pressione in alternanza con le spazzole ed impiegando delle scope per convogliare l'acqua rimanente verso lo scarico; se sul fondo sono presenti sedimenti, questo materiale deve essere rimosso con una pala e messo in un contenitore prima dell'impiego delle scope e del lavaggio finale con l'idropulitrice ad alta pressione;
- Rimozione dell'acqua nel serbatoio dopo la pulizia, utilizzando lo scarico di fondo.

Periodicità

La frequenza di lavaggio, diversa per ciascun serbatoio, è indicata direttamente nel Piano di Pulizia del Serbatoio.
Al fine di garantire la continuità del servizio di fornitura idropotabile, il lavaggio di alcuni serbatoi può essere posticipato ed eseguito durante la stagione più appropriata se l'intervento comporta particolari rischi per la continuità del servizio o se la pulizia non è da considerare necessaria in base a precedenti ispezioni cognitive. Il lavaggio e qualsiasi ispezione cognitiva effettuati devono essere documentati nel Piano di Pulizia del Serbatoio.

8.1.5 Misuratori di livello

I misuratori di livello accessibili, dotati di controllo pirometrico ed utilizzati per misurare il livello dell'acqua nei serbatoi di accumulo, ed i sistemi di telecontrollo sono soggetti ad ispezioni programmate.
I tipi si strumenti utilizzati nei serbatoi per misurare il livello dell'acqua sono:

- Sonde resistive
- Trasduttori di pressione
- Trasduttori a ultrasuoni

La Tabella 1, sotto, fornisce un riepilogo delle operazioni da eseguire durante le ispezioni programmate e le relative periodicità.

Tabella 1. Ispezioni programmate dei misuratori di livello

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo visivo dell'installazione e verifica funzionale	12 mesi	18 mesi
Verifica di corrispondenza tra la misura dello strumento e il livello del serbatoio misurato tramite il pirometro di riferimento: eventuale regolazione o sostituzione		
Verifica di corrispondenza tra la misura dello strumento ed il valore registrato dal sistema di telecontrollo: eventuale regolazione degli errori		

Le ispezioni, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrate nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina. L'errore assoluto massimo per tutti i misuratori di livello è pari a 20 cm. Possono essere fissati valori diversi dell'errore massimo e della periodicità di ispezione, in base alla domanda, all'importanza della rete (del sistema) e alla tolleranza ammissibile. In tal caso i nuovi parametri stabiliti devono essere registrati nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina.

8.1.6 Elettropompe turbo

Le pompe a girante, usate nelle stazioni di sollevamento dell'acqua, e i sistemi di telecontrollo sono soggetti ad ispezioni programmate. La tabella 2 riepiloga le operazioni da eseguire durante le ispezioni programmate e le relative periodicità. Le ispezioni, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrate nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina.

Tabella 2. Ispezioni programmate delle elettropompe turbo

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo visivo dell'impianto e verifica funzionale	3 mesi	6 mesi
Controllo dei cuscinetti : ingrassaggio o eventuale sostituzione		
Controllo della coppa per l'ingrassaggio automatico: eventuale regolazione o sostituzione		
Controllo del parabordo: eventuale regolazione o sostituzione		

Controllo dell'assorbimento di corrente del motore		
Controllo della portata e della pressione dinamica		

8.1.7 Impianti di disinfezione

Le pompe dosatrici elettroniche, i contenitori dei prodotti chimici per la disinfezione, le apparecchiature connesse con le relative tubazioni, i pannelli di distribuzione e di controllo e tutte le rimanenti componenti dell'impianto sono soggetti ad ispezioni programmate.
Questi sistemi si dividono in due classi, entrambi soggette alla stessa periodicità di ispezione:
1) Sistemi di disinfezione a biossido di cloro,
2) Sistemi di disinfezione a ipoclorito di sodio

La Tabella 3 riepiloga le operazioni da eseguire durante le ispezioni programmate e le relative periodicità. Le ispezioni, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrate nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina. Inoltre, i valori misurati del cloro libero residuo e le eventuali regolazioni di un determinato impianto di disinfezione devono essere annotati nell'apposito "Registro dei valori del cloro libero residuo".

Tabella 3. Ispezioni programmate degli impianti di disinfezione

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo visivo e verifica funzionale del sistema	1 settimana	3 settimane
Controllo del livello dei prodotti chimici ed eventuale approvvigionamento		
Controllo del cloro libero residuo ed eventuale regolazione del sistema		

8.1.8 Cabine elettriche di trasformazione M.T./B.T.

Le cabine elettriche di trasformazione Media Tensione/Bassa Tensione sono soggette ad ispezioni e manutenzione programmata. La Tabella 4, sotto, riepiloga le operazioni da eseguire durante le ispezioni programmate e le relative periodicità. La successiva Tabella 5 riepiloga le operazioni da eseguire in occasione degli interventi di manutenzione programmata e le relative periodicità. Le ispezioni, le eventuali regolazioni e la manutenzioni eseguite devono essere registrate nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina.

Tabella 4. Ispezioni programmate delle cabine elettriche di trasformazione M.T./B.T.

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo e manutenzione ordinaria della cabina elettrica con l'obiettivo di mantenere sia i locali che l'impiantistica in buone condizioni: - controllo visivo del sistema - verifica funzionale del sistema - verifica degli strumenti di misurazione - pulizia dei locali	3 mesi	6 mesi

Tabella 5. Manutenzione programmata delle cabine elettriche di trasformazione M.T./B.T.

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**

Pulizia generale: locali, cassette, grate e filtri per l'aria, ecc.	12 mesi	24 mesi
Revisione completa della cabina elettrica: - Serraggio delle giunzioni di collegamento - controllo del livello dell'olio degli interruttori e del trasformatore / eventuale rabbocco dell'olio - controllo del relè di Buchholz per il trasformatore isolato in olio - test degli interruttori termostatici per il controllo della temperatura - test di funzionamento delle ventole - lubrificazione e collaudo dei sistemi di transizione in avanti e indietro		

8.1.9 Gruppi elettrogeni utilizzati nell'ambito del sistema idrico

I generatori di corrente sono soggetti ad ispezioni e manutenzione programmata. La Tabella 6 riepiloga le operazioni da eseguire durante le ispezioni programmate e le relative periodicità. La successiva Tabella 7 riepiloga le operazioni da eseguire in occasione degli interventi di manutenzione programmata e le relative periodicità. Le ispezioni, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrate nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina.

Tabella 6. Ispezioni programmate dei gruppi elettrogeni

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Test generale: - test di funzionamento - controllo visivo	2 settimane	1 mese
Controllo completo del sistema: - test di funzionamento del sistema sotto carica completa - controllo visivo - controllo del livello dei fluidi: carburante, olio motore, refrigerante e liquido della batteria - scarico del vapore attraverso il filtro carburante - verifica del funzionamento delle resistenze per la temperatura dell'olio motore	4 mesi	6 mesi

Tabella 7. Manutenzione programmata dei gruppi elettrogeni

Operazioni	**Tempo di lavoro**	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Pulizia generale: locali, grate e filtri per l'aria, ecc.	-	2 settimane	1 mese
Serraggio delle giunzioni di collegamento	-	4 mesi	6 mesi
Revisione completa del motore: - cambio olio motore - cambio filtro olio motore (se	500 ore		

necessario) - cambio filtro aria (se necessario) - cambio filtro carburante (se necessario) - controllo delle guarnizioni bagnate delle tubazioni e dei raccordi - controllo delle guarnizioni bagnate delle condotte di scarico e di trasmissione dell'aria			
Cambio delle batterie	-	4 anni	6 anni

8.1.10 Alimentazione elettrica per la protezione catodica

L'alimentazione elettrica per la protezione catodica delle reti idrauliche in acciaio è soggetta ad ispezioni programmate. La Tabella 8 riepiloga le operazioni da eseguire durante le ispezioni programmate e le relative periodicità.

Tabella 8. Ispezioni programmate dell'alimentazione elettrica per la protezione catodica

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Test di completezza della struttura	3 mesi	6 mesi
Controllo visivo e verifica funzionale del sistema		
Lettura dei contatori elettrici		
Lettura dei valori dei voltmetri e amperometri della strumentazione per l'alimentazione elettrica		
Lettura dei valori dei voltmetri e amperometri tramite tester portatili		
Test funzionale degli interruttori differenziali		
Eventuale regolazione dell'alimentazione elettrica		
Eventuale pulizia generale: struttura, componenti elettriche, grate e filtri per l'aria, ventilazione ecc.		

Le regolazioni dell'alimentazione elettrica vengono eseguite per garantire una differenza di potenziale elettrico superiore a -0.85 Volt nei punti di misurazione della rete sotto tensione. Se l'alimentazione elettrica e/o uno o più punti di misurazione sono controllati da un sistema di telecontrollo, la periodicità delle ispezioni elencata nella Tabella 8 può essere estesa fino ad un massimo di 12 mesi, a discrezione del responsabile delle manutenzioni.

Lo stato operativo della protezione catodica verrà valutato in base all'analisi dei valori misurati. Se le letture non corrispondono ai valori misurati precedentemente, si dovrebbero effettuare alcuni ulteriori controlli sull'impianto generale e sulla rete di alimentazione, al fine di determinare le cause dell'anomalia riscontrata.

Le letture dei contatori elettrici, i valori misurati da voltmetri e amperometri, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrati nell'apposito Piano di ispezione.

8.1.11 Valvole di riduzione della pressione

Le valvole di riduzione della pressione sono soggette a ispezioni programmate. La Tabella 9 riepiloga le operazioni da effettuare durante le ispezioni programmate e le relative periodicità. La pressione misurata deve essere confrontata con i valori di riferimento di ogni valvola riduttrice, come specificato nell'apposito Piano di ispezione. Se il valore della pressione misurata a monte della valvola differisce di più del 10% rispetto al valore di riferimento, si deve procedere ad ulteriori controlli sulla rete a monte, al fine di determinare le cause dell'anomalia riscontrata.

Se il valore della pressione misurata a valle della valvola differisce di più del 10% rispetto al valore di riferimento, dopo aver verificato l'assenza di perdite nella rete di distribuzione a valle, la valvola di riduzione della pressione deve essere regolata in riferimento sia alle condizioni statiche che dinamiche. Le ispezioni, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrate nell'apposito Piano di ispezione.

Tabella 9. Ispezioni programmate delle valvole di riduzione della pressione

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo delle botole di accesso alle saracinesche a monte e a valle delle valvole riduttrici	12 mesi	18 mesi
Controllo della pulizia dei pozzetti		
Controllo dell'integrità e dell'accessibilità alle saracinesche		
Controllo visivo e verifica funzionale del sistema		
Lettura della pressione a monte della valvola riduttrice		
Lettura della pressione dinamica e statica a valle della valvola riduttrice		
Pulizia del filtro		
Controllo di funzionalità della valvola di sicurezza (se presente)		
Eventuale pulizia generale: locale, tubazioni, griglie per l'aria, ecc.		
Eventuali adattamenti del riduttore		

8.1.12 Uscite per i campionamenti

Le uscite per i campionamenti dell'acqua sono soggette ad ispezioni programmate. La Tabella 10 riepiloga le operazioni da eseguire durante le ispezioni e le relative periodicità. Le ispezioni, le eventuali regolazioni e le manutenzioni eseguite devono essere registrati nell'apposito Piano di ispezione.

Tabella 10. Ispezioni programmate delle uscite per i campionamenti

Operazioni	**Periodicità ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo della custodia ed accessibilità (asta, supporti, box, coperchio, serratura)	12 mesi	18 mesi
Controllo delle apparecchiature per il prelievo di acqua (rubinetto, condotta in acciaio, coperchio finale in plastica)		
Verifica di funzionamento, facendo defluire l'acqua per qualche secondo		
Verifica della corrispondenza con la posizione nella mappa ed eventuale aggiornamento		

8.1.13 Verifica dei contatori

I contatori idrici sono soggetti ad ispezioni programmate. La Tabella 11 riepiloga le operazioni da effettuare durante le ispezioni programmate e le relative periodicità. Il test di calibrazione è documentato da un apposito certificato ed è eseguito da una ditta specializzata, impiegando un contatore di riferimento. L'errore massimo ammissibile è del 3%. Le ispezioni devono essere registrate nell'apposito Modulo relativo alla Manutenzione della Macchina.

Tabella 11. Ispezioni programmate per la verifica dei contatori

Operazioni	**Periodicità Ottimale**	**Periodicità Massima**
Controllo visivo e verifica funzionale	24 mesi	36 mesi
Test di calibrazione della taratura		

8.2 U.D. 2. Il sistema di distribuzione idrica di Denizli

8.2.1 Introduzione al sistema

L'azienda municipalizzata di Denizli fornisce acqua nell'area metropolitana di Denizli tramite varie sorgenti (es. Gökpınar, Derindere e Kozlupınar) e pozzi profondi. In città ci sono 93 pozzi d'acqua potabile. La Figura 1 mostra il sistema di approvvigionamento idrico dell'area metropolitana di Denizli nel 2007, gestito da diverse Amministrazioni comunali, tra cui la più grande è quella di Denizli (al centro). L'acqua captata dalle fonti di approvvigionamento viene immagazzinata in serbatoi di accumulo, trattata ed immessa nel sistema di distribuzione. La Tabella 12 fornisce un elenco dei serbatoi mostrati nella Figura 1, con informazioni relative alla loro quota e capacità. Come conseguenza delle caratteristiche topografiche dell'area, il sistema di distribuzione idrica si basa sul flusso a gravità. Con la legge degli "agglomerati maggiori", entrata in vigore nel 2009, le municipalizzate più piccole dei Comuni limitrofi sono state assorbite dall'azienda municipalizzata di Denizli. La Figura 2 mostra l'intera regione la cui gestione è attualmente sotto la responsabilità dell'azienda municipalizzata dell'Acquedotto di Denizli (Denizli Municipality Water Works). La popolazione attuale dell'area metropolitana è di 479.381 abitanti.

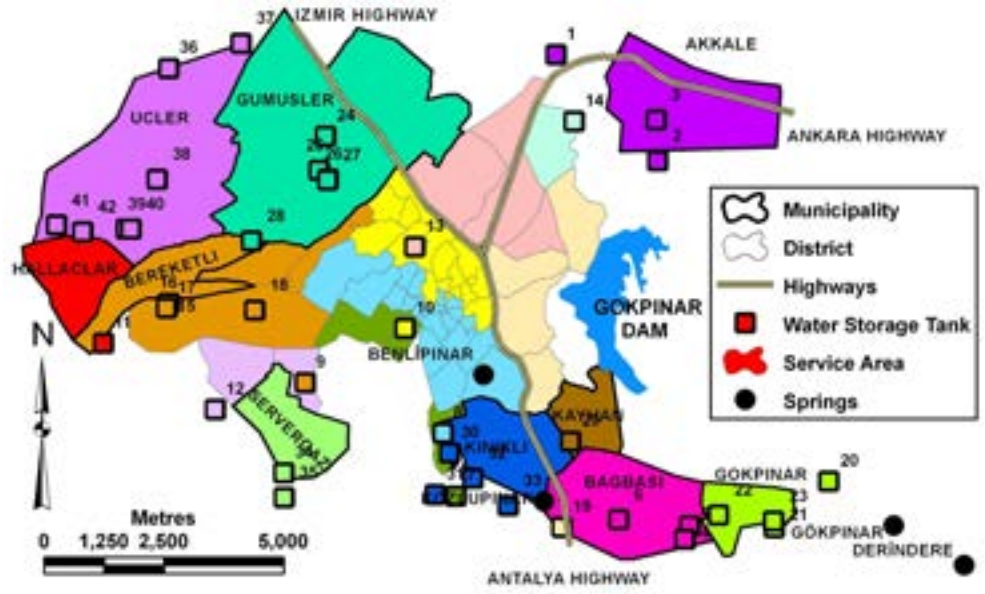


Figura 1. Sistema di approvvigionamento idrico dell'area metropolitana di Denizli – localizzazione delle sorgenti e dei serbatoi/aree servite (da Toprak, et al., 2009)

La prima rete idrica del Comune di Denizli risale al 1952 ed è stata in seguito migliorata nel 1958. In questa rete, sono state utilizzate tubazioni in ghisa con diametro variabile da 60 a 200 mm. La costruzione del sistema idropotabile, che copre la maggior parte del centro di insediamento, è stata completata tra il 1975 ed il 1981 dalla Banca delle Province (Bank of Provinces). In questa rete sono state utilizzate tubazioni in cemento amianto (CA) con diametro variabile da 80 a 500 mm.

Il database GIS del sistema di approvvigionamento idrico ed i suoi dettagli vengono forniti da Toprak e Taskin (2007) ma, per brevità, la Figura 3 mostra i dettagli del sistema di distribuzione idrica di Denizli e la Figura 4 la composizione, le lunghezze relative e il diametro delle tubazioni riferiti al 2007. Si può notare che la lunghezza totale delle condutture è di circa 1745 km, con il 95% delle linee di adduzione e di collegamento realizzate in acciaio. Le linee principali e di distribuzione sono realizzate in cemento amianto (CA – 54%), policloruro di vinile (PVC – 44%) e ghisa (CI – 2%).

Tabella 12. Serbatoi idrici a Denizli (da Toprak, et al., 2009)

N.	Serbatoio	Quota (m)	Vol. (m^3)	Comune	N.	Serbatoio	Quota (m)	Vol. (m^3)	Comune
1	Ak_DY3(2)	287	500	AKKALE	22	KUCUKPINAR	496	70	GOKPINAR
2	Ak_DY3(1)	336	1500	AKKALE	23	G_CAMLIK	548	125	GOKPINAR
3	Ak_DY3(1)	336	1000	AKKALE	24	DY6(4)	391	1000	GUMUSLER
4	BAGBASI_2	514	1000	BAGBASI	25	DY6(3)	430	1500	GUMUSLER
5	BAGBASI_1	562	600	BAGBASI	26	DM6(5)	414	500	GUMUSLER
6	BAGBASI_3	465	1500	BAGBASI	27	DM6(5)	420	200	GUMUSLER
7	CAMLIK	481	1250	DENIZLI	28	DY6(2)	479	2000	GUMUSLER
8	KURUCAY(ESKI)	481	4000	DENIZLI	29	KAYHAN	398	80	KAYHAN
9	ESNAF SITESI	498	500	DENIZLI	30	KINIKLI_1	501	100	KINIKLI
10	KIREMITCI	460	5000	DENIZLI	31	KINIKLI_ESKI	576	100	KINIKLI
11	SIRINKOY	675	800	DENIZLI	32	KINIKLI_2	488	150	KINIKLI
12	YENISEHIR	616	1500	DENIZLI	33	KINIKLI_3	470	300	KINIKLI

13	HASTANE	467	5500	DENIZLI	34	ASAGI	641	200	SERVERGAZI
14	KARSIYAKA	385	1000	DENIZLI	35	YUKARI	671	200	SERVERGAZI
15	BAHCELIEVLER	561	800	DENIZLI	36	HACIEYUPLU	430	80	UCLER
16	BAHCELIEVLER	565	500	DENIZLI	37	DY6	401	500	UCLER
17	BAHCELIEVLER	561	3000	DENIZLI	38	KARAHASANLI	516	80	UCLER
18	BEVLER(SUBEICI)	482	500	DENIZLI	39	DY3(1)	579	500	UCLER
19	ZEYTINKOY	463	30	DENIZLI	40	DY3(2)	579	500	UCLER
20	MERSINLIBUCAK	492	270	GOKPINAR	41	DY2	638	1000	UCLER
21	GOKCEN	590	470	GOKPINAR	42	CAKMAK	626	150	UCLER

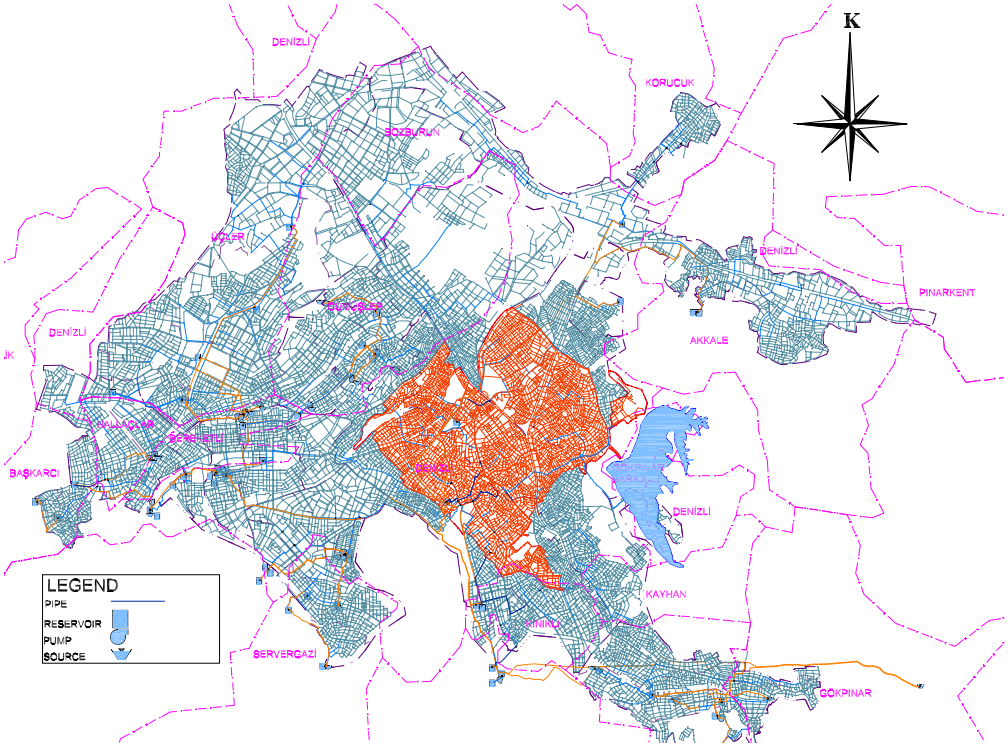


Figura 2. Area servita dall'azienda municipalizzata dell'Acquedotto di Denizli

Figura 3. Mappa GIS del sistema di approvvigionamento idrico di Denizli (da Toprak, et al., 2009)

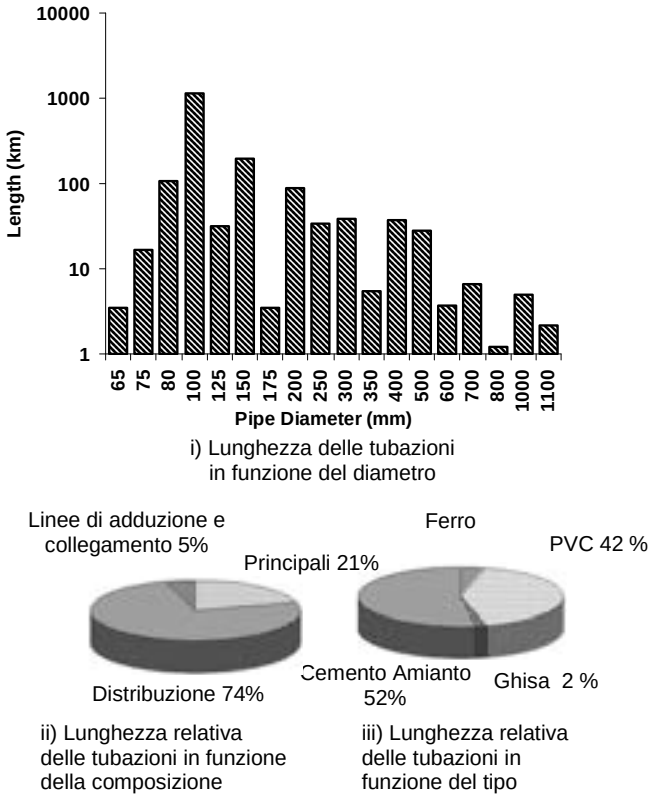

10000
1000
100
10
1
Length (km)
65 75 80 100 125 150 175 200 250 300 350 400 500 600 700 800 1000 1100
Pipe Diameter (mm)
i) Lunghezza delle tubazioni in funzione del diametro
Linee di adduzione e collegamento 5%
Principali 21%
Distribuzione 74%
ii) Lunghezza relativa delle tubazioni in funzione della composizione
Ferro
PVC 42 %
Cemento Amianto 52%
Ghisa 2 %
iii) Lunghezza relativa delle tubazioni in funzione del tipo

Figura 4. Composizione delle tubazioni nel sistema di approvvigionamento idrico di Denizli (Toprak e Taskin, 2007)

Il diametro delle linee di distribuzione varia da 65 a 200 mm, mentre per le linee principali hanno diametri tra 100 e 600 mm. Le tubazioni in ghisa sono le più vecchie del sistema e servono principalmente le parti maggiormente edificate di Denizli, tra cui importanti quartieri d'affari con elevata densità di popolazione.

8.2.2 Procedure di manutenzione preventiva

Le fonti di approvvigionamento di acqua potabile, i serbatoi di accumulo e le pompe che forniscono acqua potabile alla provincia di Denizli vengono periodicamente controllate e sottoposte a manutenzione. Perciò i cittadini godono di acqua salubre e di qualità che rispetta gli standard qualitativi relativi all'acqua potabile e i requisiti igienici. Nell'attuazione delle procedure di manutenzione preventiva, viene tenuta in considerazione la 'Regolamentazione sulle acque destinate al consumo umano' e ne vengono rispettate tutte le disposizioni. La procedura coinvolge tutte le fonti di approvvigionamento ad uso potabile, tutti i serbatoi di accumulo e pompe utilizzate per l'acqua potabile. La Tabella 13 fornisce un riepilogo delle periodicità di manutenzione e di analisi.

8.2.2.1 Aree di Salvaguardia delle risorse idriche

Le fonti di approvvigionamento e le opere di captazione sono predisposte per il prelievo di campioni da parte del personale incaricato. La fonte di approvvigionamento, l'opera di captazione e le infrastrutture connesse sono sottoposte ad apposite ispezioni. Come risultato delle indagini condotte, nel caso in cui la fonte di approvvigionamento e l'opera di captazione rientrano nelle definizioni, l'azienda sanitaria preleva i campioni necessari, seguendo tecniche appropriate, esegue le misurazioni di portata e di temperatura sul posto, prepara la relazione preliminare nei dettagli, considerando il bacino di alimentazione, l'estensione dell'area di salvaguardia circostante il punto di captazione ed altri elementi necessari.

I campioni prelevati vengono analizzati nei laboratori del Dipartimento per le Questioni Sanitarie del Comune di Denizli e del Direttorato di İzmir Hıfzısıhha.

L'area di salvaguardia viene individuata considerando la formazione geologica sulla quale la fonte di approvvigionamento insiste e le caratteristiche topografiche e idro-geologiche.

Vengono assunti provvedimenti contro ogni tipo di inquinamento, impedendo, l'accesso di esseri umani, animali, inondazioni ed altri flussi d'acqua all'interno dell'area di salvaguardia. Le attività che potrebbero influire sulla qualità dell'acqua non sono consentite in quest'area.

8.2.2.2 Prelievi dalle fonti

- Se la fonte destinata alla produzione di acqua potabile è ubicata su proprietà privata, innanzitutto per preservare il sito si procede all'espropriazione e ad attivare le procedure per l'ottenimento delle autorizzazioni necessarie.
- Per proteggere l'area circostante la fonte da effetti dannosi esterni, si stabilisce un'area di salvaguardia.
- In conformità con i termini della 'Regolamentazione sulle acque destinate al consumo umano', dei campioni vengono prelevati periodicamente dal Dipartimento per le Questioni Sanitarie del Comune di Denizli e dal Direttorato Provinciale per la Salute; tali campioni vengono controllati in laboratori accreditati per verificare se sono adatti al consumo umano o no.
- In fase di attivazione di una nuova fonte di approvvigionamento, le attività vengono condotte nel rispetto delle norme regolamentari, relative sia alla fase progettuale che a

quella di costruzione (infrastrutture per la raccolta, il trasporto e l'immissione nelle linee della rete di distribuzione)

8.2.2.3 Serbatoi di accumulo dell'acqua potabile

I serbatoi hanno le caratteristiche di seguito elencate:

- L'interno del serbatoio deve avere almeno due vasche, più una camera di manovra.
- Le immissioni nelle vasche di accumulo avvengono dalla camera di manovra o tramite gruppi di valvole che permettono le manovre, all'interno del serbatoio non c'è una scala fissa.
- Sono installate le apparecchiature necessarie per prelevare campioni d'acqua in ingresso e in uscita e misurare la portata in ingresso.
- Il serbatoio non è costruito in adiacenza ad alcun'altra struttura e non ha un tetto.
- Per un'adeguata aerazione delle camere dei serbatoi e prevenire l'ingresso di acqua ed altre sostanze dall'esterno, viene installato un appropriato condotto di ventilazione.
- Le tubazioni dell'acqua in ingresso, che forniscono acqua al punto di campionamento e di scarico, sono disposte in posizioni tali da non avere alcun contatto con l'acqua.
- Nella camera di manovra del serbatoio, le tubazioni in ingresso ed in uscita dalle vasche e tutte interconnessioni sono identificate in un pannello che ne fornisce una rappresentazione schematica. Tale pannello è appeso in un punto visibile della camera di manovra.
- Inoltre, possono essere utilizzati serbatoi in acciaio inossidabile e materiali simili che non alterano la qualità dell'acqua e serbatoi le cui superfici a contatto con l'acqua presentano un rivestimento epossidico.
- L'area circostante il serbatoio è delimitata come zona di protezione contro possibili effetti dannosi esterni. L'entrata del serbatoio è chiusa a chiave ed è protetta con un sistema di allarme e sorveglianza.
- In conformità con i parametri della 'Regolamentazione sulle acque destinate al consumo umano', nei serbatoi sono installate delle unità di clorazione. Viene assicurato che la quantità di cloro libero in uscita dal serbatoio sia di 0,5 mg/l.
- La pulizia dei serbatoi viene eseguita periodicamente, almeno una volta all'anno. Inoltre, per situazioni inaspettate, si eseguono ulteriori interventi di pulizia.
- In fase di costruzione, si utilizza calcestruzzo impermeabile.
- Tutte le superfici che si trovano o potrebbero venire a contatto con l'acqua all'interno delle vasche, nella camera di manovra e in ogni parte del sistema di approvvigionamento e tutti gli strumenti e le apparecchiature utilizzati che in qualsiasi modo possano venire a contatto con l'acqua devono essere realizzati in materiali speciali tali da non alterare la qualità dell'acqua ed arrecare pericolo per la salute pubblica.
- L'adeguatezza della camera di manovra e delle vasche all'interno del serbatoio, per la garanzia delle condizioni igieniche, e il livello dell'acqua, vengono controllati regolarmente dal nostro personale addetto.

8.2.2.4 Pozzi e pompe per acqua potabile

- Nelle aree che soddisfano i criteri di regolamentazione relativamente alla struttura geologica ed alla qualità dell'acqua potabile, per avviare le operazioni di trivellazione dei pozzi, si devono ottenere le autorizzazioni necessarie dal Dipartimento di Stato per le Opere Idrauliche.
- Per proteggere i pozzi utilizzati per il consumo umano da fattori esterni, la zona di protezione viene recintata e chiusa a chiave, formando un ambiente chiuso.
- Dai pozzi l'acqua viene pompata ai serbatoi.

- Nel caso di pompaggio diretto in rete, nella stazione di pompaggio viene installata un'unità di clorazione. La quantità di cloro libero deve essere pari a 0,5 mg/l.
- In accordo con la "Regolamentazione sulle acque destinate al consumo umano", analisi chimiche e biologiche vengono condotte periodicamente dal Dipartimento per le Questioni Sanitarie del Comune di Denizli, per verificare la conformità ai valori di parametro.
- Campioni di acqua proveniente dai pozzi vengono prelevati dal Direttorato Provinciale per la Salute di Denizli e analizzati in laboratori accreditati secondo una determinata periodicità.
- Dal punto di captazione coincidente con le trivellazione fino al punto di consegna più lontano, tutte le superfici che si trovano o potrebbero venire a contatto con l'acqua e tutti gli strumenti e le apparecchiature utilizzati che in qualsiasi modo possano venire a contatto con l'acqua devono essere realizzati in materiali speciali tali da non alterare la qualità dell'acqua ed arrecare pericolo per la salute pubblica.

8.2.2.5 Bacini

La Regolamentazione sulle acque destinate al consumo umano recita testualmente: "l'acqua che sgorga in superficie naturalmente, senza l'impiego di mezzi tecnici, deve essere stoccata in bacini". Tali bacini vengono costruiti in modo da prevenire qualsiasi tipo di inquinamento e infiltrazione dall'esterno. Essi ricevono l'acqua dal punto di uscita dal terreno in modo salubre e la rendono disponibile per l'utilizzo. I bacini vengono realizzati in corrispondenza dei punti in cui l'acqua fuoriesce dal terreno.

Il bacino viene realizzato in vetro o materiali che non alterino le caratteristiche qualitative dell'acqua. Esso è confinato tramite un sistema di rivestimento e consiste di due camere, la camera di manovra e la camera destinata alla raccolta dell'acqua. Le installazioni necessarie per la trasmissione dell'acqua, per lo scarico per il prelievo dei campioni, per le misure di portata e per lo scarico dell'acqua si trovano nella camera di manovra. Inoltre, per l'areazione delle due camere, insieme o separatamente, è necessaria l'installazione di apparecchiature per prevenire l'inquinamento dell'acqua dall'esterno. Tali dispositivi vengono presi in considerazione anche per strutture quali la camera di raccolta e infrastrutture simili, ed apparecchiature adeguate vengono installate nei punti di scarico di queste strutture.

Per acque delle stesse caratteristiche qualitative raccolte in bacini separati, può essere realizzata un'unica camera di manovra.

8.8.2.6 Linee di adduzione

La linea di adduzione destinata al trasferimento dell'acqua ai serbatoi è realizzata in materiali che non peggiorino le caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua. Il sistema di adduzione è progettato in modo che le condotte contengano sempre acqua in pressione. L'acqua viene convogliata dal bacino al serbatoio per gravità, adottando le necessarie precauzioni igieniche e tecniche. Nelle aree topograficamente non adatte per questo tipo di funzionamento, la trasmissione può essere assicurata utilizzando sistemi di pompaggio che non alterino le caratteristiche qualitative dell'acqua.

Tabella 13. Periodicità di Manutenzione e Analisi

Area di intervento	Soggetto responsabile	Periodicità
Analisi chimiche e microbiologiche	Dipartimento per le Questioni Sanitarie del Comune di Denizli – Direttorato Provinciale per la Salute di Denizli	Ogni 45 giorni

Pulizia dei serbatoi di accumulo	Squadre del Dipartimento per l'approvvigionamento idrico e le acque reflue del Comune di Denizli	6 mesi
Serbatoi – Misura del livello dell'acqua per la regolazione delle pompe	Squadre del Dipartimento per l'approvvigionamento idrico e le acque reflue del Comune di Denizli	Giornaliera - intervento manuale

8.2.3 Programma di sostituzione delle condotte

Nel 2003, l'amministrazione locale ha valutato il bilancio idrico della città di Denizli – Turchia. Il bilancio idrico è stato predisposto come parte di un progetto finanziato dalla Banca Mondiale, secondo la metodologia IWA/AWWA (Acquedotto della Città di Denizli, 2005). La Tabella 14 mostra i risultati, secondo i quali esisteva un 43% circa di acqua non fatturata. Le perdite fisiche ammontavano al 36%. A causa di queste perdite fisiche relativamente elevate, l'amministrazione di Denizli ha deciso di accelerare le attività di sostituzione delle condutture. I tratti di tubazione da riparare e le lamentele da parte dei cittadini utenti si concentravano in particolare sulle condotte ubicate nella parte centrale della città. Una valutazione complessiva del sistema, seguendo gli elementi di un "Programma di gestione efficiente del sistema di distribuzione" (DIMP, Distribution Integrity Management Program) mostrava che qualsiasi attività di sostituzione doveva aver inizio dal centro della città. Vengono di seguito riepilogati i sette elementi di un piano DIMP e le relative modalità di attuazione nell'ambito di un programma di sostituzione (Goodman and Burnie, 2011):

1) Conoscenza: gli operatori devono sviluppare una conoscenza approfondita dei loro sistemi di distribuzione e saper identificare le caratteristiche e i materiali delle tubazioni, che possono essere realizzate in ghisa, acciaio nudo, PVC, CA ed altri materiali ad alto rischio.

2) Identificazione delle minacce: gli operatori devono identificare le minacce che interessano o potrebbero potenzialmente interessare il sistema di distribuzione.

3) Valutazione e classificazione dei rischi: gli operatori devono valutare i rischi cui sono sottoposte le tubazioni e l'importanza relativa di ciascuna minaccia.

4) Misure per affrontare i rischi: gli operatori devono definire ed attuare misure per ridurre i rischi di malfunzionamento delle condutture. Queste misure devono includere un efficace programma di gestione delle perdite, che dovrebbe identificare le tubazioni con tassi di incidenza delle perdite più elevati.

5) Misura delle prestazioni: gli operatori devono sviluppare e monitorare i livelli di prestazione, per valutare l'efficacia del loro programma di gestione efficiente del sistema.

6) Valutazioni e miglioramenti periodici: gli operatori devono rivalutare i rischi e le minacce che interessano l'intero sistema di condutture almeno ogni cinque anni e considerare la rilevanza delle minacce localizzate in una parte specifica del sistema rispetto alle altre aree dello stesso.

7) Riepilogo dei risultati: gli operatori devono riepilogare su base annuale il numero di perdite eliminate o riparate. Un metodo per eliminare le perdite è la sostituzione delle tubazioni danneggiate.

Una riprogettazione complessiva della configurazione del sistema di distribuzione idrica nell'area di servizio del Comune di Denizli è stata proposta di recente (UBM-SNS Partnership, 2007)

(Vedi Figura 5). Nel 2008 sono stati avviati i progetti di sostituzione nel centro della città. Come mostra la Tabella 15, la costruzione è stata completata in 4 fasi. Tutte le vecchie condutture sono state rimpiazzate da tubazioni in ghisa. La Tabella 15 mostra i dettagli di ogni fase. Nel lungo termine, la rete di distribuzione idropotabile di tutta la città di Denizli sarà rimpiazzata. Attualmente è in corso la fase di realizzazione n. 5.

Tabella 13. Bilancio idrico della città di Denizli, Turchia (2003)

<table>
<tr><td rowspan="6">Acqua immessa nel sistema 23.849.688 m^3/anno (100%)</td><td rowspan="3">Consumo autorizzato 14.815.114 m^3/anno (62,12%)</td><td rowspan="2">Consumo autorizzato fatturato 13.636.509 m^3/anno (57,18%)</td><td>Consumo fatturato misurato 13.636.509 m^3/anno (57,18%)</td><td rowspan="2">Acqua fatturata 13.637.252 m^3/anno (57,18%)</td></tr>
<tr><td>Consumo fatturato non misurato -0 m^3/anno (0,00%)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Consumo autorizzato non fatturato 1.178.605 m^3/anno (4,94%)</td><td>Consumo non fatturato misurato 1.078.605 m^3/anno (4,52%)</td><td rowspan="4">Acqua non fatturata 10.212.436 m^3/anno (42,82%)</td></tr>
<tr><td>Consumo non fatturato non misurato 100.000 m^3/anno (0,42%)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Perdite idriche 9.034.574 m^3/anno (37,88%)</td><td rowspan="2">Perdite commerciali 438.320 m^3/anno (1,84%)</td><td>Consumo non autorizzato 3.095 m^3/anno (0,02%)</td></tr>
<tr><td>Imprecisione misurazioni ed errori di gestione dati 435.225 m^3/anno (1,82%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Perdite fisiche 8.596.254 m^3/anno (36,04%)</td></tr>
</table>

Tabella 15. Progetto di sostituzione delle condotte idriche per la città di Denizli - Turchia

Sezione	N. contratto	Data inizio	Data fine	Condotte di distribuzione realizzate (m)	Condotte di allacciamento realizzate (m)
1	DEN-W1	06.10.2008	26.08.2010	46.174	35.215
2	*DEN2-W4*	17.10.2008	31.07.2010	46.429	33.461
3	DEN2-W5	31.10.2008	22.07.2010	38.558	23.840
4	DEN2-W6	29.06.2009	02.09.2010	36.073	15.993

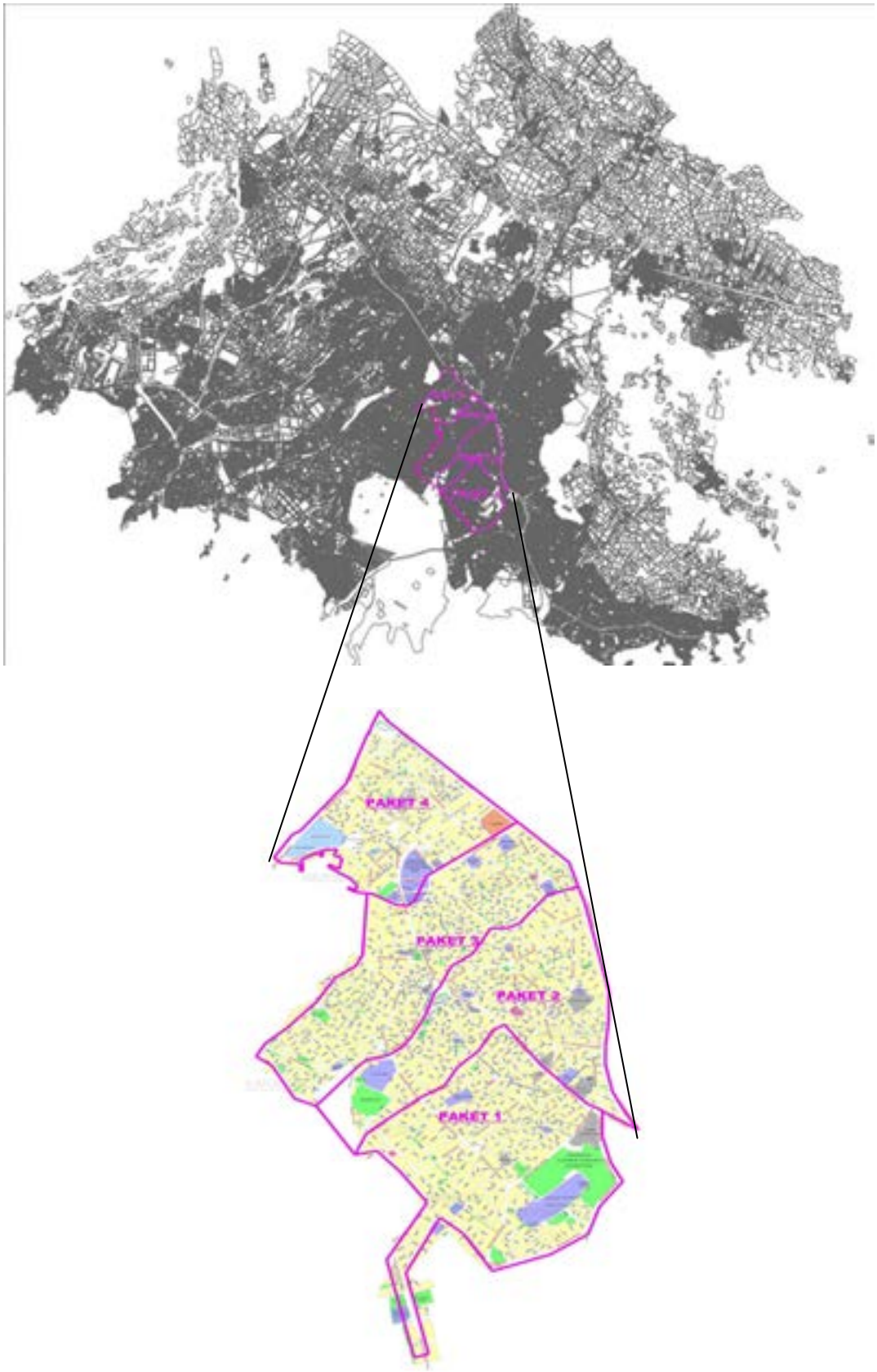


Figura 5. Interventi di sostituzione delle condotte completati nel centro della città di Denizli

8.3 U.D. 3. Sistema di distribuzione idrica della città di Los Angeles

8.3.1 Fonti di approvvigionamento idrico

Come descritto da Lund (1995), l'approvvigionamento idrico della California del Sud è garantito dai bacini di acque sotterranee locali, dal trattamento delle acque per il riutilizzo e da forniture all'ingrosso provenienti dal Fiume Colorado e dal Nord della California. L'azienda di gestione dei servizi idrici di Los Angeles (LADWP, Los Angeles Department of Water and Power) ha a disposizione tre fonti di approvvigionamento per soddisfare il fabbisogno idrico della città: i pozzi nella Valle San Fernando e altri bacini sotterranee locali, due acquedotti provenienti dalle Montagne della Sierra Nevada, nella California del Nord, e l'acquisto di acqua dal Distretto Metropolitano dell'Acqua (MWD, Metropolitan Water District). La LADWP agisce come un "distributore" di acqua, che fornisce acqua direttamente alle singole utenze piuttosto che aziende, mentre l'MWD è un "grossista" idrico locale.

Fondata nel 1902, la LADWP è la più grande azienda di servizi municipalizzata negli Stati Uniti, servendo più di quattro milioni di residenti. Il sistema di distribuzione idrica di LA consiste in 11.648 km (7.238 miglia) di condutture, ed è gestito con un budget annuale di 1 miliardo di dollari. Nell'anno fiscale 2008-2009, sono stati distribuiti 731 miliardi di litri (193 miliardi di galloni) di acqua, con un consumo medio di 545 litri (144 galloni) per persona al giorno. La fornitura idrica proviene dall'Acquedotto di LA (18%), dal Distretto Metropolitano dell'Acqua (71%), dalle captazioni dalle falde acquifere (10%) e dal riutilizzo dell'acqua (1%) (LADWP, 2011).

8.3.2 Il sistema di distribuzione

Il sistema di distribuzione idrica di Los Angeles ha subito un grosso terremoto nel 1994. Il terremoto di Northridge del 1994 ha originato ingenti danni nel sistema di approvvigionamento idrico di Los Angeles, causando rotture in 15 punti nei tre sistemi di adduzione che trasportano acqua dalla California settentrionale, in 74 punti lungo le linee idriche principali (diametro nominale delle tubazioni $\geq$ 600 mm), e in 1.013 punti nell'ambito delle condotte della rete di distribuzione dell'azienda di gestione dei servizi idrici di Los Angeles (LADWP) (Toprak, 1998; O'Rourke and Toprak, 1995). Il terremoto ha coinvolto il sistema di approvvigionamento idrico dell'intera area di Los Angeles, con interruzione del servizio per, approssimativamente, il 15 % della popolazione (Eguchi e Chung, 1995). Il servizio idrico è stato ripristinato negli 8 giorni successivi al terremoto. Le condotte di adduzione, le linee principali e la rete di distribuzione, tutte hanno risentito del terremoto. Il costo delle riparazioni relative ai sistemi idrici della LADWP e dell'MWD è stato, rispettivamente, di circa 44 milioni e 5 milioni di dollari.

Dopo il terremoto di Northridge del 1994, in LADWP sono state valutate le potenziali soluzioni GIS, tenendo in considerazione le necessità di mappatura sia per quanto riguarda gli aspetti tecnici che per le altre funzioni fondamentali legate alla gestione dell'utenza. La LADWP è passata dalle mappe cartacee ad un sistema GIS completo. L'ufficio tecnico è passato ad AutoCAD Map 3D, una versione di AutoCAD con possibilità di referenziazione geospaziale, che ha aiutato gli addetti a lavorare con i dati GIS provenienti da altri reparti ed applicazioni. Sono stati, inoltre, adattati protocolli in uso e flussi di lavoro, sviluppando il sistema GIS in un database funzionale orientato all'oggetto. Ora tutti i dati possono essere controllati in un'unica postazione, riducendo le ripetizioni di sistemi o set di dati, aumentando di conseguenza la precisione e l'efficienza. Inoltre, la LADWP utilizza Autodesk MapGuide per pubblicare i dati GIS sul web per i reparti che hanno bisogno di informazioni georeferenziate. Per esempio, le squadre in campo ora si possono collegare alla rete intranet della LADWP per cercare l'esatta

posizione di un idrante o un pozzetto; questo assicura loro l'informazione più accurata e aggiornata possibile sulla localizzazione e sulle condizioni delle opere, il che porta ad una maggiore precisione del lavoro sul campo (Labay, 2010).

Il direttore del servizio GIS-Acqua della LADWP, Kien Hoang, ha riassunto la situazione con queste frasi: "Abbiamo affrontato la sfida di gestire manualmente i dati relativi alle nostre infrastrutture fin dalla metà degli anni '80. Tutte le informazioni venivano gestite manualmente. Questo comportava un impatto crescente sui costi di bilancio relativi a personale e formazione, man mano che la città cresceva. I dipendenti impiegavano la maggior parte del tempo ad aggiornare manualmente i disegni e distribuire le mappe su richiesta. Inoltre, dato che le mappe erano cartacee, altri servizi ne facevano delle copie; copie che sarebbero diventate a breve obsolete, dato che le mappe venivano continuamente aggiornate. I vari servizi nell'ambito della nostra organizzazione si trovavano ad utilizzare mappe non accurate e questo causava inefficienze. Ad esempio, i Vigili del Fuoco operavano con mappe obsolete e non potevano risalire all'esatta collocazione degli idranti o il Dipartimento del gas non conosceva la posizione precisa delle linee idriche sotterranee" (Labay 2010).

Il sistema di distribuzione idrica della LADWP è suddiviso in 114 zone di pressione. La Figura 5 mostra le zone di pressione gestite dalla LADWP, con ogni zona identificata dalla sua quota più elevata (in piedi sul livello del mare – 1 m = 3.28 ft). Queste zone di pressione possono funzionare a gravità o tramite pompe.

La Figura 6 fornisce un dettaglio dei 11.648 km di condutture della LADWP in termini di materiale, diametro ed età. Per quanto riguarda i materiali dei tubi si distinguono cinque categorie principali — cemento amianto (AC), ghisa (CI), ghisa sferoidale (DI), acciaio (STL) ed altro (per altri materiali e materiali non identificabili). Come mostra la Tabella 16 queste cinque categorie rappresentano raggruppamenti di tipi di tubazioni. Ogni categoria contiene tubazioni prodotte da fonti diverse ed entrate in servizio in tempi diversi. Come mostra la Figura 6, i tubi di ghisa costituiscono la maggior parte del sistema di distribuzione idrica della LADWP. La **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** mostra la fascia d'età delle tubazioni in relazione al materiale e la relativa lunghezza. La ghisa è il materiale più vecchio, seguito dall'acciaio e dal cemento amianto; le tubazioni in ghisa sferoidale sono state installate più recentemente.

8.3.3 Asset Management*

8.3.3.1 Revisione delle pratiche di gestione dei beni presso la LADWP

Diverse aziende di servizio hanno sviluppato modelli per stabilire le priorità e programmare gli investimenti. La metodologia adottata dalla LADWP è stata presentata da Mavrakis (2003). La LADWP usa una scala di classificazione A-F, con valutazione del grado di deterioramento legata all'età. Per le condutture, la vita utile massima è stata supposta variare da 70 a 210 anni, in funzione del materiale dei tubi e dell'indice di corrosione del terreno. Sono stati presi in considerazione tre tipi di terreno: molto corrosivo (30%), mediamente corrosivo (50%), e leggermente corrosivo (20%). La classificazione delle condutture è stata condotta separatamente per acciaio e ghisa/ghisa sferoidale. Sono stati valutati i vari tronchi di condutture, estraendo le relative lunghezze dal modello idraulico. Circa 743 miglia di condotte di adduzione (diametro maggiore o uguale di 16 pollici) sono stati attribuiti, in base ad una valutazione complessiva, alla classe "B", con costo unitario di sostituzione di 13 dollari per pollice di diametro per piede di lunghezza. Delle linee principali, circa 70 miglia sono state attribuite alle classi D, F, o valutate come critiche. Il valore corrente del costo di sostituzione di tutti i tronchi di condutture era pari a 1.67 miliardi di dollari. Questa analisi ha condotto ad una stima di 54.5 milioni di dollari attualmente necessari ora per la sostituzione delle condotte critiche e di 10.1 milioni di dollari all'anno per i prossimi 20 anni per procedere man mano alle

sostituzioni nelle situazioni critiche. Considerando i cespiti – compresi serbatoi, bacini, impianti di trattamento e condotte – è stata prodotta una previsione dei flussi di cassa relativi alle sostituzioni, simile alla “Curva di Nessie”. Il fabbisogno medio complessivo di spesa per le sostituzioni è pari a 16.2 milioni di dollari all’anno.

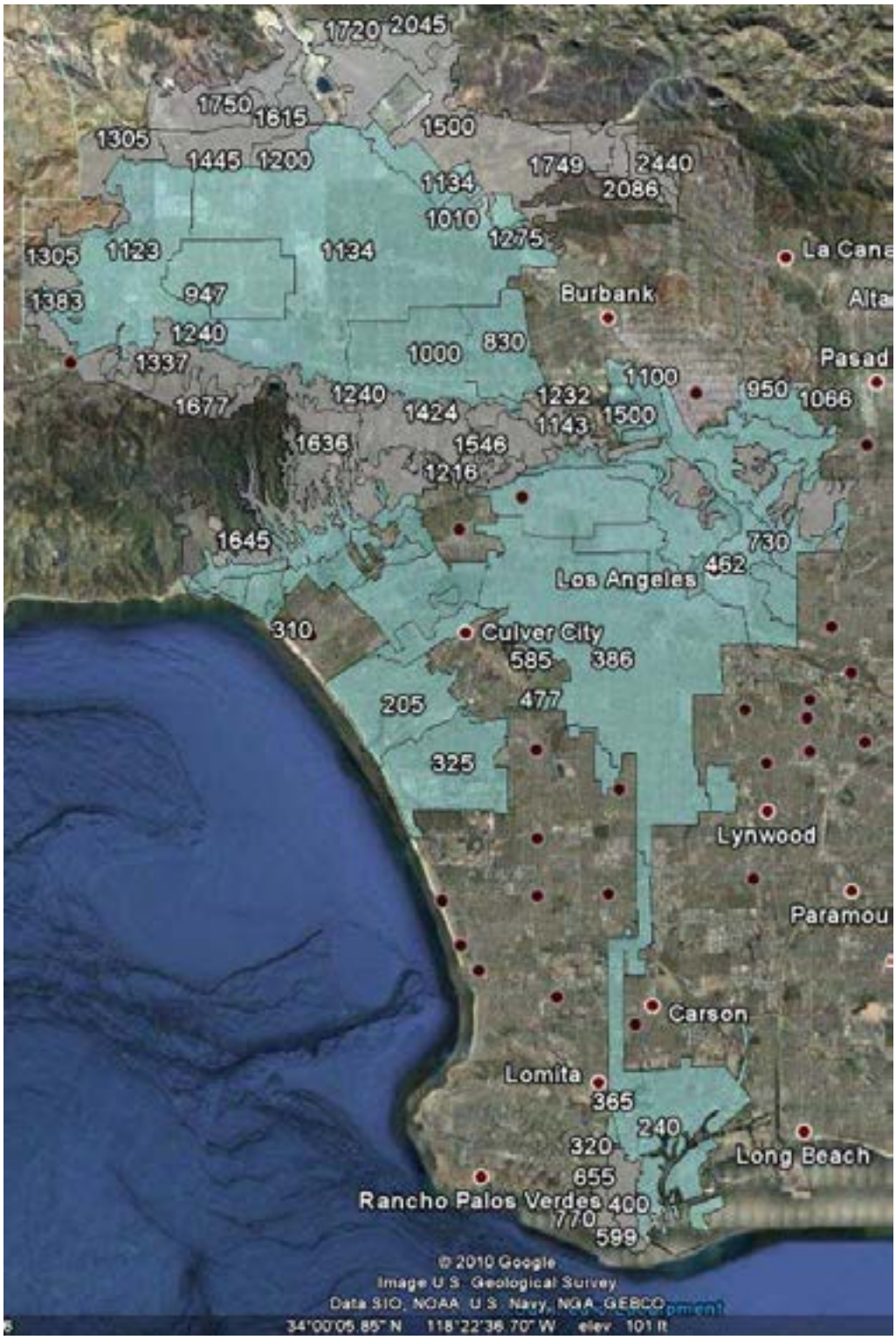


Figura 5. Localizzazione geografica delle zone di pressione nel sistema di distribuzione idrica della LADWP.

Le Zone di pressione con funzionamento a gravità sono colorate in verde, mentre le zone di

pressione il cui funzionamento è regolato dalle pompe sono colorate in grigio. Ciascuna zona è identificata da un numero che ne rappresenta la quota più elevata (Bardet, et al., 2010).

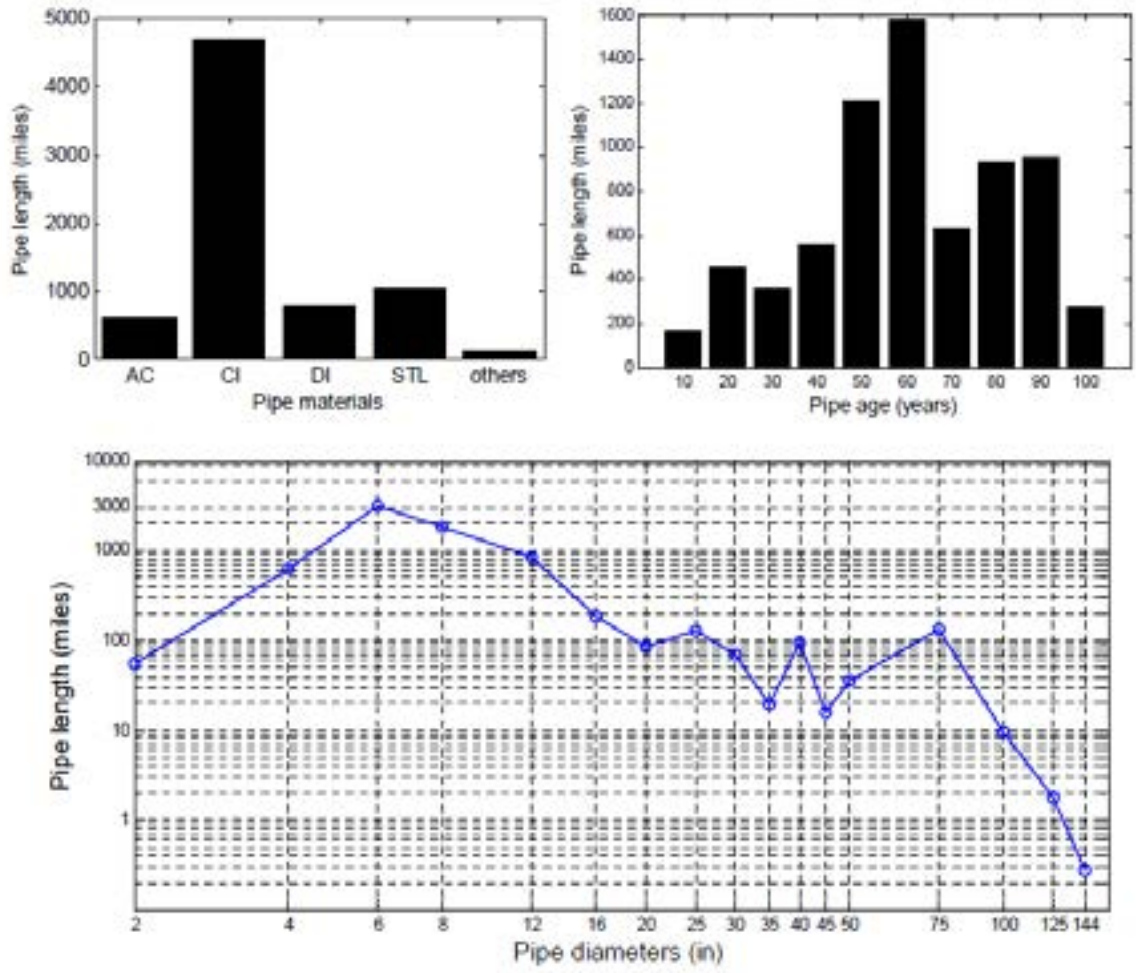


Figura 6. Distribuzione delle lunghezze delle tubazioni della LADWP in funzione del tipo di materiale utilizzato (in alto a sinistra), dell'età (in alto a destra) e del diametro (in basso) (Bardet, et al., 2010).

Nel 2004 la LADWP ha dato avvio allo sviluppo di un Programma di Gestione patrimoniale, nell'ottica della sostenibilità a lungo termine dei principali impianti e infrastrutture. Il programma prevede interventi di ottimizzazione ed attività e procedure di manutenzione per ciascun tipo di opera, valutando lo stato di conservazione e la vita utile di ciascun cespite e sviluppando una strategia per la programmazione degli interventi di riabilitazione e di sostituzione di tali beni. Questa sezione del report descrive brevemente le attività di gestione delle infrastrutture nel contesto del sistema LADWP e offre alcune osservazioni per rivedere i criteri sui quali si basano le decisioni relative alla gestione dei beni da parte della LADWP. L'Asset Management relativo alle infrastrutture è un processo attraverso il quale le aziende curano il monitoraggio e la manutenzione dei sistemi infrastrutturali, con l'obiettivo di fornire agli utenti il miglior servizio possibile, nei limiti delle risorse disponibili (Ben-Akiva et al., 1993). Sebbene questo obiettivo possa sembrare scontato, è stato dimostrato come in pratica sia sfuggevole e difficilmente raggiungibile. Dal momento che "il miglior servizio possibile per gli utenti" può assumere

significati diversi per diversi gruppi di interesse, l'efficacia dei fondi spesi per gli aspetti legati a manutenzioni e riparazioni (M&R) nell'ambito della gestione dei beni non può essere misurata facilmente. Di conseguenza, la ricerca di una "strategia di investimento ottimale in M&R" (nel caso dei sistemi idrici, una parte significativa di tale strategia consiste nel programma di sostituzione delle condotte dall'azienda) rimane, giustamente, una sorta di Sacro Graal. Ogni anno, le aziende di gestione dei servizi idrici spendono miliardi di dollari in programmi di sostituzione delle condotte, con l'intento di mantenere livelli di prestazione soddisfacenti per tali sistemi, principalmente con tramite la sostituzione delle varie sezioni di condutture prima che si sviluppino perdite inaccettabili o altri tipi di rotture. Ad esempio, la LADWP ha stimato che i propri fabbisogni finanziari per la sostituzione delle condotte ammontino a circa 160 milioni di dollari, al valore costante del 2010, per i successivi 40 anni.

Tabella 16. Principali tipi di materiali utilizzati nel sistema di distribuzione idrica LADWP.

PIPE MATERIAL	PIPE TYPE	DESCRIPTION
AC Asbestos Cement	AC	Asbestos Cement
	TRANS	Transite; Asbestos Cement
CI Cast Iron	AM	American; Cast Iron
	BEL	Belgian; Cast Iron
	C	Cast Iron
	CI	Cast Iron; Manufacture and Process Unknown
	DEL	Delavaud Cast Iron
	FR	French; Cast Iron
	GR	German; Cast Iron
	MCW	McWane; Cast Iron
	MONO	Monolith; Cast Iron
	RDW	R.D. Wood; Cast Iron
	US	United States; Cast Iron
DI Ductile Iron	DI	Ductile Iron
	DIA	Ductile Iron (AWWA)
STL Steel	DRIV	Double Riveted; Steel Pipe
	M	Matheson - Milled; Steel Pipe
	MANN	Mannesman - Milled; Steel Pipe
	MATH	Matheson - Milled; Steel Pipe
	RIV	Riveted; Steel Pipe
	STD	Standard; Steel Pipe
	STL	Steel Pipe
	STL GALV	Galvanized; Steel Pipe
	TRIV	Triple Riveted; Steel Pipe
	W	Steel Pipe
Others	CMP	Corrugated Metal Pipe
	CONC	Concrete
	COP	Copper
	HDPE	High Density Polyethylene
	MPCC	Modified Prestressed Concrete Cylinder
	PCC	Prestressed Concrete Cylinder
	PVC	Polyvinyl Chloride
	RC	Reinforced Concrete
	RCC	Reinforced Concrete Cylinder

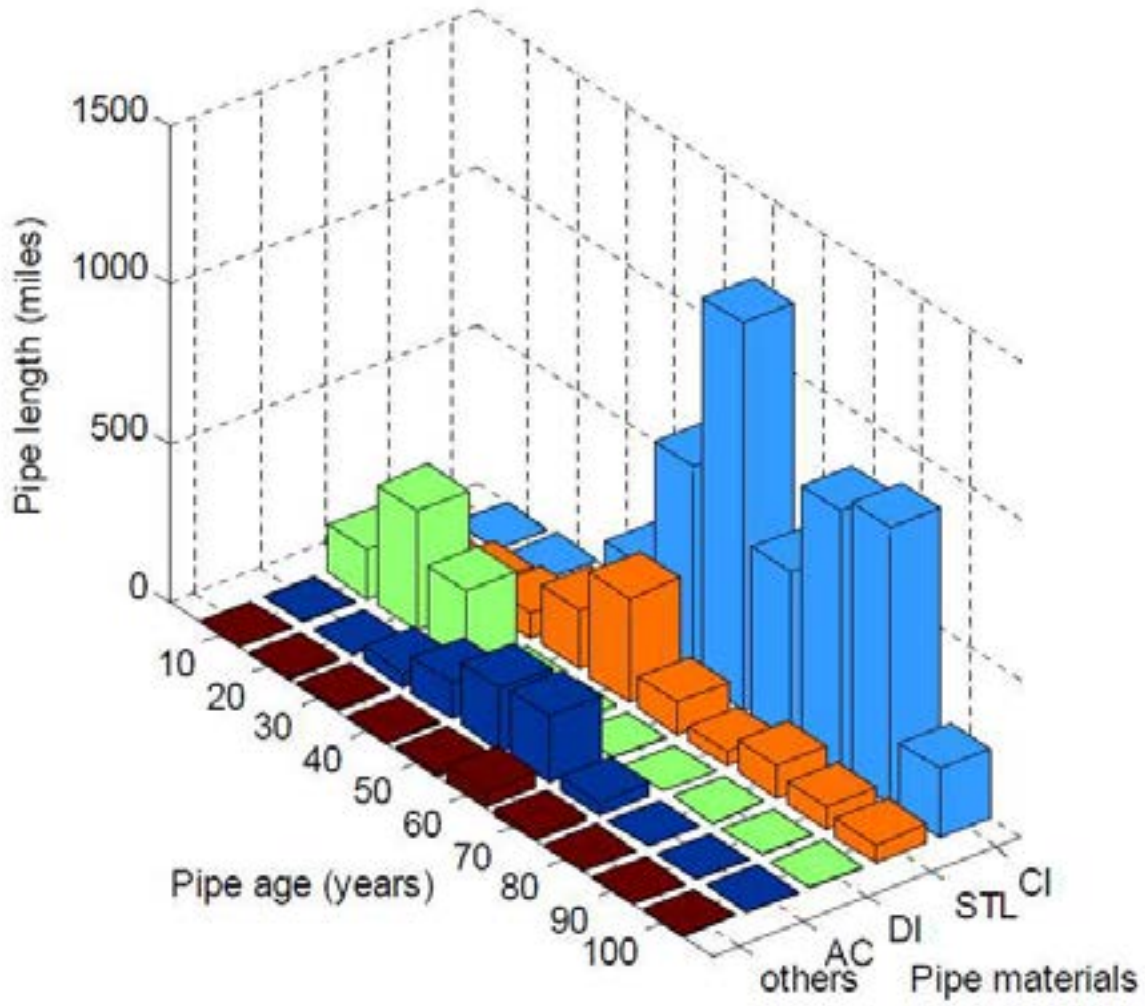


Figura 8. Rappresentazione tridimensionale della distribuzione della lunghezza in funzione del tipo di materiale e dell'età delle tubazioni (Bardet, et al. 2010).

Le società di gestione sia pubbliche che private si trovano ad affrontare la questione di quanto dovrebbero spendere per la manutenzione del loro patrimonio infrastrutturale e allo stesso tempo si chiedono se stiano spendendo troppo. L'auspicio è, ovviamente, quello di evitare di spendere più del necessario ma, allo stesso tempo, evitare che l'eccessiva attenzione al risparmio possa condurre a risultati disastrosi (per esempio l'esigenza di ricostruzioni massicce, rotture catastrofiche, incidenti pericolosi o perdite di vite). La questione è illustrata concettualmente nella Figura 9, in cui si può osservare che la strategia ottimale di sostituzione delle condutture è quella corrispondente alla linea verticale nella tavola delle decisioni, tale per cui il rischio sia di errori di tipo I (non sostituzione di tubazioni che dovrebbero essere sostituite) che di errori di tipo II (sostituzione di tubazioni che funzionano in modo adeguato) rientra nella tolleranza del rischio, stabilita a livello decisionale, relativo ad un incremento delle rotture o a spese maggiori per la sostituzione di tubazioni aventi vita utile residua.

In uno studio pilota volto a misurare le prestazioni delle infrastrutture, il Consiglio Nazionale delle Ricerche afferma che, "le prestazioni dovrebbero essere valutate sulla base di molteplici misure, scelte per riflettere gli obiettivi della comunità che potrebbero essere conflittuali… Le misure

specifiche che le comunità utilizzano per classificare le prestazioni infrastrutturali possono in genere essere raggruppate in grandi categorie: efficacia, affidabilità e costi" (NRC, National Research Council - 1995). In pratica, un programma di gestione dei beni di successo dovrebbe essere un programma che massimizza l'efficacia e l'affidabilità del sistema minimizzando i costi.

8.3.3.2 Gestione dei beni come problema di gestione dei rischi

L'asset management (gestione dei beni) può anche essere pensato come un problema di gestione dei rischi. Il Rischio (R) può essere quantificato come Probabilità (P) del verificarsi di un evento avverso moltiplicato per le conseguenze (C) di quell'evento, ovvero:

$$R = P \times C$$

e definito in base a tre domande (Kaplan e Garrick, 1981):

1. Cosa può andare male?
2. Qual è la probabilità che vada male?
3. Quali sono le conseguenze di tale insuccesso?

Nel caso della presente valutazione delle infrastrutture idriche della LADWP, le principali rotture e perdite sono considerate il problema di interesse e verranno usate come surrogato per un più ampio spettro di possibilità di malfunzionamento (*failure*), ovvero di "cosa può andare male". La possibilità, intesa come probabilità di un malfunzionamento è influenzata da una serie di fattori, tra cui l'età, il tipo e le dimensioni della tubazione, le caratteristiche del terreno, e le sollecitazioni alle quali la tubazione è sottoposta. Le conseguenze della rottura di una condotta idrica sono molte e includono interruzioni del servizio all'utenza, comprese infrastrutture critiche come gli ospedali, danni alle strade, a sistemi infrastrutturali limitrofi e proprietà private, perdita di risorsa, portate inadeguate per la lotta antincendio, deviazioni e rallentamento del traffico e, in casi estremi, possibili incidenti e perdite di vita. A molte di queste conseguenze può essere associato un valore in dollari, sia sotto forma di costi diretti per le riparazioni e il risarcimento dei danni che di costi indiretti legati alla perdita di produttività, ai ritardi o alla minore attrattiva per le imprese e l'industria.

La gestione dei rischi integra i risultati della valutazione del rischio con altre informazioni – come considerazioni politiche, sociali, economiche e tecniche – per arrivare a decisioni circa la necessità e i metodi per la riduzione del rischio. La gestione dei rischi cerca risposte ad un secondo set di domande (Haimes, 1991):

4. Cosa si può fare e quali opzioni sono disponibili?
5. Quali sono i compromessi associati in termini di costi, benefici e rischi?
6. Quali sono gli impatti delle decisioni gestionali attuali sulle opzioni future?

Come descritto in precedenza, l'approccio tradizionale per affrontare rotture e perdite consiste in un programma proattivo di sostituzione delle condutture. L'impiego dei principi di valutazione dei rischi può contribuire a perfezionare questo processo attraverso l'individuazione delle condotte ad alto rischio (cioè quelle con elevata probabilità di rottura, o gravi conseguenze associate ad un'eventuale rottura, o entrambe). Comunque, anche riparare le condotte man mano che queste si rompono potrebbe rappresentare un approccio economicamente razionale al problema, pur se politicamente inaccettabile. Tra questi due estremi si trovano altre opzioni, quali l'ottimizzazione della risposta alle rotture che possono verificarsi nelle condotte, per minimizzarne le conseguenze, e il fare affidamento su assicurazioni commerciali o autoassicurazioni, per coprire i costi delle rotture. Le diverse strategie hanno profili di costo e di beneficio differenti e sono influenzate anche dalla propensione al rischio dell'organizzazione. Una conseguenza

dell'adottare una strategia con un'elevata tolleranza al rischio è quella di rinviare l'inevitabile costo di rinnovamento del sistema nel futuro. I costi cumulati derivanti da questo posticipare gli interventi potrebbero seriamente compromettere la sostenibilità finanziaria futura del sistema e questa è una situazione che molti dei vecchi gestori dei servizi idrici si trovano oggi ad affrontare, dopo aver sistematicamente rinviato i programmi di sostituzione delle condotte allo scopo di ridurre i costi per tenere le tariffe a livelli accettabili. Ciò viene riepilogato nella Tabella 17.

8.3.3.3 Il Programma di gestione dei beni della LADWP

La LADWP utilizza un modello multi-criterio per valutare la vita utile opere, alla base del proprio programma di sostituzione delle condotte. Il modello combina le dimensioni e il materiale di cui sono costituite le tubazioni, la corrosività del terreno, i carichi dovuti al traffico e le pressioni di esercizio e segue le linee guida generali emanate dalla Fondazione per la Ricerca sull'Acqua (Water Research Foundation). Le condotte del sistema della LADWP sono realizzate per la maggior parte in ghisa (69%) e in quantità minore in ghisa sferoidale (11%), acciaio (10.3%) e cemento armato (9.1%); la LADWP ha compilato un inventario dettagliato del sistema, che include dati relativi all'andamento delle perdite. Attraverso l'analisi dei dati delle perdite, il programma di sostituzione delle condotte della LADWP ha coinvolto quelle porzioni del sistema che ci si aspettava avessero la più alta incidenza di perdite in base all'esperienza o a previsioni, cioè le vecchie condutture di ghisa. Comunque, le analisi aggiornate relative alle perdite hanno individuato interessanti andamenti dei guasti, che indicano che certe località, ad esempio La Cienega Boulevard, possono essere maggiormente soggette a questo tipo di malfunzionamento.

L'applicazione di un modello relativo alla vita utile del sistema di questo tipo, per stabilire le priorità per la sostituzione delle condotte, contribuisce a ridurre la probabilità di rotture e da questo punto di vista rappresenta una strategia di riduzione del rischio ragionevole. Tuttavia, come mostrato precedentemente in questa sezione, la probabilità rappresenta solo una parte dell'equazione del rischio. Questo tipo di modello non tiene conto delle conseguenze della rottura, quali i costi correlati alla deviazione del traffico sul lungo periodo, la mancanza d'acqua in un ospedale o in una grande attrazione turistica, o impatti più catastrofici come l'instabilizzazione di versanti. Di conseguenza, è raccomandabile che il programma di gestione dei beni della LADWP includa le conseguenze delle rotture nel processo di definizione delle priorità.

Poiché molti degli effetti secondari delle principali perdite e fuoriuscite d'acqua crescono rapidamente con la durata, la gestione dei rischi della LADWP potrebbe essere migliorata riducendo i tempi di risposta e sostituendo le valvole in modo che una tubazione danneggiata possa essere isolato il più velocemente possibile senza causare problemi di funzionamento in parti adiacenti del sistema. Questo permetterebbe di riportare la situazione alla normalità nel minor tempo possibile.

Nonostante le previsioni del modello relativo alla vita utile, rotture impreviste sono inevitabili. Di conseguenza, ogni nuova perdita o fuoriuscita d'acqua dovrebbe essere attentamente esaminata per stabilire se l'incidente è solo un evento casuale o rappresenta il punto di arrivo di una tendenza alla rottura precedentemente non prevista. Tale capacità di analisi dovrebbe essere ospitata all'interno dell'unità organizzativa appropriata della LADWP. Al fine di assicurare che i dettagli di tutte le perdite vengano raccolti per una successiva analisi, la LADWP dovrebbe anche considerare il passaggio a registratori digitali in campo, per sostituire la prassi attuale degli appunti presi sul posto.

Nel complesso, la LADWP sembra seguire quelle che sono le pratiche comuni del settore nel suo programma di gestione dei beni e regge il confronto con aziende di gestione di analoghe

dimensioni e complessità. Tuttavia, questo ha avuto uno scarso impatto evidente sulla frequenza e sulla gravità delle perdite occorse durante l'estate 2009, il che suggerisce che potrebbero esserci in gioco forze non prese in considerazione nel modello relativo alla vita utile delle opere. Anche se è difficile stabilire se il livello di risorse dedicato alla sostituzione delle condotte sia adeguato, le sezioni ad alto rischio del sistema dovrebbero essere sostituite il più velocemente possibile. La gestione patrimoniale delle infrastrutture è un'attività aleatoria il cui successo può essere difficile da definire e misurare e la ricerca, fino ad oggi, non è stata in grado di definire una relazione precisa tra le spese per la gestione patrimoniale e le prestazioni del sistema. Per far sì che gli utenti della LADWP ricevano (o percepiscano di stare ricevendo) "il miglior servizio possibile, con le risorse disponibili", è di fondamentale importanza che gli obiettivi del programma di gestione patrimoniale vengano definiti in collaborazione con le parti interessate al di fuori dell'azienda e che venga adottato un sistema di misura delle prestazioni che fornisca risultati realistici, riproducibili e trasparenti.

8.3.3.4 Raccomandazioni

Per migliorare il suo programma di gestione dei beni, la LADWP dovrebbe prendere in considerazione le seguenti azioni:

- Includere le conseguenze delle rotture nel processo di definizione delle priorità per la sostituzione delle tubazioni
- Migliorare i tempi di risposta alle rotture causa delle principali perdite e mettere a punto metodi meno invasivi per isolare le condotte che perdono dal resto del sistema
- Stabilire un'unità di indagine per analizzare le maggiori perdite del sistema al fine di determinare se esse siano in linea con percorsi stabiliti o rappresentino un'eventuale nuova modalità di rottura
- Utilizzare registratori digitali sul campo (piuttosto che appunti scritti) per acquisire dati sul campo in forma direttamente utilizzabile
- Aumentare il livello delle risorse destinate alla sostituzione delle condotte in modo da ridurre il lavoro arretrato il più velocemente possibile
- Coinvolgere una vasta gamma di soggetti interessati nella definizione degli obiettivi per il programma di gestione dei beni e nello sviluppo degli obiettivi prestazionali
- Costruire un programma di gestione dei beni che capitalizzi i risultati di questo studio.

** Questa sezione è stata redatta con la collaborazione di Richard little, USC Keston Institute, e Donald Ballantyne, MMI, Seattle e tratta da Bardet, et al, 2010.*

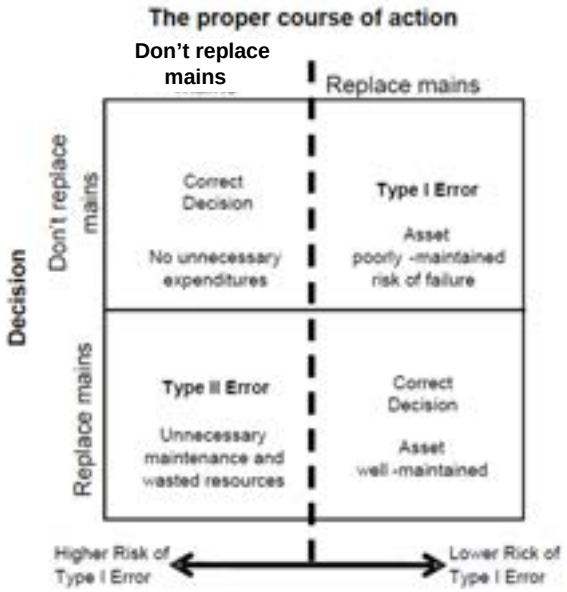


Figura 9. Le strategie di sostituzione delle condotte dovrebbero bilanciare il rischio e i costi (Bardet, et al., 2010)

Tabella 17. Opzioni di rischio

Two Risk-based Options for Asset Management

Less Aggressive Strategy	More Aggressive Strategy
Replace pipe when the cost of repair (including all consequential costs) exceeds replacement on an annualized basis. The decision point will be highly dependent on what is included in "consequential costs." This approach could result in large expenditure at some point in the future as large quantities of pipe reach their useful life and start to fail in a short period of time. This scenario has the potential of having significant societal impacts and associated political implications due to system disruption.	Replace all cast iron pipe evenly distributed over the pipe's "expected" life prioritized on failure rates and consequential costs (e.g., replace all pipe over a 100- year cycle). This scenario should avoid sudden large expenditures and minimize the annual failure rates, but it may result in replacing pipe that has many years of useful life remaining. This scenario should minimize societal impacts. While few United States utilities are taking this approach, the City of Kobe Japan had replaced nearly all of their cast iron pipe with ductile-iron pipe prior to the 1995 Kobe earthquake for non-earthquake reasons. In general, the Japanese have a more aggressive view of pipe replacement.

8.4 U.D. 4. Il sistema di Distribuzione idrica di Lemesos

8.4.1 Strategie per la Gestione delle Perdite: Distretti di Misura e Controllo della Pressione

Un distretto di misura (DMA, District Metered Area) è definito come una porzione della rete di approvvigionamento che idealmente rifornisce 2000 utenze, alimentata preferibilmente da un singolo punto di ingresso, provvista di misuratori di portata (acqua in ingresso ed in uscita) e la cui pressione è controllata. L'obiettivo principale della creazione di un DMA è quello di ridurre le perdite reali ad un livello economicamente sostenibile e di mantenere tale livello attraverso l'applicazione di strategie proattive, come il Controllo Attivo delle Perdite. Ci sono numerosi vantaggi nella creazione dei DMA, tra i quali:

- Le singole porzioni di rete sono più piccole, meglio gestibili
- L'applicazione del controllo attivo delle perdite è più agevole
- Le perdite vengono identificate più velocemente, sulla base del monitoraggio del flusso minimo notturno (MNF, Minimum Night Flow)
- La durata delle perdite è molto ridotta
- Ottimizzazione della pressione migliore
- Perdite idriche minori
- Risparmi in termini finanziari

Nella definizione dei DMA si possono incontrare alcuni problemi minori i quali, naturalmente, possono essere risolti con una pianificazione ed una progettazione appropriate. Questi problemi sono:

- Possibili problemi di qualità dell'acqua associati a "rami ciechi" nella rete
- Potenziali reclami da parte dell'utenza, a causa dell'ottimizzazione della pressione dell'acqua

8.4.1.1 Perdite idriche reali

La definizione raccomandata dall'IWA di Perdite idriche reali, a volte dette "perdite fisiche" è il volume annuo di acqua persa dal sistema attraverso tutti i tipi di perdite, sfiori dai serbatoi e fuoriuscite causate da rotture nelle condutture e nelle derivazioni fino al punto di consegna in corrispondenza del contatore d'utenza (Fanner, 2004). L'ente gestore dei servizi idrici (Water Board) ha dato grande importanza alla riduzione delle perdite reali e questo si riflette nella strategia adottata negli anni.

Lo sviluppo delle infrastrutture del sistema ha avuto luogo in modo più organizzato, con le nuove aree di fornitura incluse nelle rispettive zone di pressione, rigidamente definite in base alle curve di livello. Ogni zona di pressione è suddivisa in DMA, caratterizzati da una singola fonte di alimentazione, dotata di misuratore di portata, e dall'effettiva discontinuità fisica delle tubazioni ai confini di ciascun DMA.

I DMA variano, per quanto riguarda le dimensioni, da 50 a 7000 utenze, mentre la dimensione media è di circa 3000 utenze. Il diametro delle condotte di distribuzione varia da 10 mm a 250 mm e, dove possibile, sono stati creati sistemi interconnessi ad anello, all'interno dei singoli DMA, per minimizzare le perdite di carico in corrispondenza dei picchi della domanda.

Il Water Board ha tenuto fin dal 1963 uno storico delle attività operative, che contempla la produzione di acqua dalle fonti di approvvigionamento, la distribuzione attraverso i vari misuratori distrettuali e i consumi registrati dai contatori d'utenza. Le letture dei misuratori di portata presso le fonti di approvvigionamento idrico (pozzi e impianti di trattamento) vengono

inviate tramite un sistema telemetrico SCADA al centro di controllo. Questo ha permesso un monitoraggio continuo dell'andamento delle captazioni alla fonte e un'accurata registrazione delle portate. Allo stesso modo, i misuratori installati all'uscita dai serbatoi di accumulo sono monitorati con sistema SCADA, garantendo la stessa possibilità di osservare gli andamenti, così come di registrare i totali giornalieri, settimanali, mensili ed annuali.

Poiché tutti i tronchi di adduzione, condotte realizzate in ghisa sferoidale, sono dedicati esclusivamente al trasferimento dell'acqua dalle fonti di approvvigionamento ai serbatoi di accumulo, è possibile procedere ad un bilancio idrico considerando le letture dei misuratori alla produzione e di quelli all'uscita dai serbatoi. I risultati mostrano che la differenza tra le letture dei contatori alla produzione e quelli all'uscita dai serbatoi, su una base annua, è inferiore all'1%, risultando tale valore trascurabile e da attribuire ad errori di registrazione dei misuratori di portata.

La distribuzione dell'acqua ai DMA è effettuata attraverso condutture dedicate in ghisa sferoidale, dai serbatoi di accumulo. Ogni zona di pressione ha il proprio serbatoio di accumulo dedicato, che rifornisce i DMA ricompresi nella specifica zona. Ogni DMA ha un singolo punto di alimentazione, dotato di misuratore di portata. In questo modo è possibile eseguire un bilancio idrico utilizzando le letture dei misuratori all'uscita dai serbatoi di accumulo e di quelli all'ingresso dei DMA. I risultati dimostrano che, su una base annua, la differenza è pari a circa il 2%, valore che viene attribuito all'errore dei contatori. Si può quindi assumere con sicurezza che tutte le perdite reali avvengono all'interno dei DMA.

8.4.1.2 Riprogettazione dei DMA

A partire dal 1993 la gestione delle perdite è stata condotta attraverso la registrazione dei dati, la riduzione della pressione e la localizzazione delle rotture. La registrazione dei dati di portata e pressione è stata effettuata utilizzando dieci data logger "Radcom". La registrazione veniva eseguita, in genere, per un periodo di 7 giorni e i registratori venivano quindi rimossi, i dati scaricati, e riutilizzati per il monitoraggio di altri DMA. In questo modo ogni DMA veniva monitorato dalle 3 alle 4 volte all'anno per un periodo di una settimana ogni volta. Si è anche riconosciuto che c'era la possibilità di una riduzione della pressione e, in 8 dei 27 DMA complessivi, sono state installate valvole per la riduzione della pressione (PRV). Inizialmente, la localizzazione delle perdite veniva effettuata utilizzando le tecniche dello step test e del rilevamento sonoro. Da quando, nel 1999, il Water Board impiega tecnologie allo stato dell'arte per la rilevazione e la localizzazione delle perdite, tra cui rilevatori acustici, correlatori e microfoni a terra.

La metodologia di cui sopra, tuttavia, presentava diversi limiti. I dati disponibili dalle registrazioni periodiche erano insufficienti ad assicurare un monitoraggio ed un controllo appropriato. I tempi di Avvertimento, Localizzazione e Riparazione (ALR) delle perdite erano estremamente lunghi ed era molto difficile definire le attività di intervento prioritarie. L'installazione e rimozione dei data logger rappresentavano un impegno consistente in termini di tempo e di lavoro. Era ovvio che c'era bisogno di una revisione immediata della strategia di gestione delle perdite da parte del Water Board. Dopo un'attenta valutazione ed esame delle tecniche, delle metodologie e delle tecnologie disponibili, si è concluso che per ottenere un'ulteriore riduzione delle perdite reali dalla rete di distribuzione era indispensabile adottare un approccio proattivo nella valutazione dell'efficienza della rete, basato sul monitoraggio continuo delle portate e della pressione in tutti i DMA.

Quindi, si è ritenuto importante esaminare preliminarmente le dimensioni dei DMA all'interno delle zone di pressione, con l'intenzione di ridurre ulteriormente le perdite reali dalla rete ed assicurare un migliore e più efficace controllo attivo delle perdite.

Gli elementi chiave di una buona progettazione dei DMA (Water Loss Task Force, 2004) sono stati posti alla base della riprogettazione. Essi sono:

- Variazione minima delle quote del terreno nell'ambito del DMA
- Confini facilmente identificabili ed efficaci
- Contatori zonali correttamente dimensionati e localizzati
- Singolo punto d'ingresso al DMA
- DMA con confini ben distinti
- Pressione ottimizzata in modo tale da mantenere gli standard di servizio all'utenza
- Grado di difficoltà degli interventi nelle aree urbane

E' stata esaminata la variazione delle quote del terreno nell'area di fornitura e si è fatta particolare attenzione all'influenza della pressione all'interno dei DMA. Le strade principali e le barriere fisiche, per esempio i corsi d'acqua, state utilizzate per definire confini ben distinti tra i diversi DMA. E' stato scelto un unico punto d'ingresso al distretto, in corrispondenza del quale è stato costruito un vano per alloggiare il misuratore di portata relativo al distretto, una valvola di riduzione della pressione ed un sensore di depressione. Va sottolineato che l'attuazione della nuova progettazione non è stato un compito facile a causa delle difficoltà e delle restrizioni imposte nell'esecuzione dei lavori in aree già urbanizzate. Questi lavori comprendevano, tra l'altro, la costruzione di nuovi vani per l'alloggiamento dei misuratori di portata, la posa in opera di nuovi tratti di condutture e l'installazione di nuovi sistemi telemetrici per il monitoraggio in continuo delle portate e della pressione.

Il processo di riprogettazione ha prodotto DMA di dimensioni più piccole e meglio gestibili, con discontinuità fisica delle condutture tra i diversi DMA. Per verificare che tutte le tubazioni di interconnessione tra i DMA fossero state localizzate ed isolate, è stato condotto un test a pressione zero che contemplava la chiusura della valvola di ingresso al DMA, isolando così il DMA stesso, ed osservando che la pressione all'interno del DMA scendeva immediatamente, indicando che tutte le tubazioni di interconnessione erano effettivamente isolate. Il test veniva in genere eseguito tra le 02:00 e le 04:00 del mattino, per non arrecare disturbi all'utenza.

E' essenziale, per un funzionamento efficace dei DMA, stabilire un sistema di monitoraggio in continuo affidabile al fine di applicare le migliori pratiche di gestione dei DMA, che comprendono l'analisi del flusso notturno del DMA stesso, noto come Flusso Minimo Notturno (MNF) per poter valutare le perdite. A questo scopo, ogni contattore distrettuale è attrezzato con un dispositivo di controllo programmabile alimentato, nella maggior parte dei casi, da pannelli ad energia solare che offrono una soluzione economica ed efficace, al costo di circa 1.800 euro ogni stazione. Cosa più importante, i costi operativi di questo tipo di soluzione sono estremamente ridotti: 14 euro al mese. Il monitoraggio in continuo dei contatori distrettuali combina tecnologie informatiche e la rete delle telecomunicazioni per trasferire i dati via internet (World Wide Web).

8.4.1.3 Riduzione della pressione

Il monitoraggio continuo delle portate è iniziato immediatamente dopo il completamento dei lavori di ridefinizione in ogni DMA. Questo ha permesso di stabilire un modello di flusso per il DMA che forniva le informazioni essenziali, come la portata giornaliera massima e media, come anche il flusso minimo notturno. Sono dati raccolti i dati necessari per stabilire il consumo notturno legittimo da parte dell'utenza e le perdite di sottofondo in ogni DMA. Avendo a disposizione queste informazioni è stato utilizzato l'approccio della stima delle componenti di perdita dalle rotture e di sottofondo (BABE) al fine di analizzare il flusso minimo notturno (MNF).

La gestione della pressione è un elemento fondamentale di una politica di gestione delle perdite efficace. Questo è stato riconosciuto da parte del Water Board e l'obiettivo definitivo è quello di attrezzare tutti i DMA con valvole PRV per ridurre la pressione dove possibile e per controllare e stabilizzare la pressione nei DMA dove non la riduzione è possibile.

Sono state eseguite misure di pressione all'interno dei DMA per stabilire le pressioni operative nei punti a quota più bassa, alla quota media e a quella più elevata del DMA, nonché per stabilire la pressione media notturna di zona (AZNP) per ogni DMA. Inoltre, le misure della pressione sono state esaminate criticamente, con lo scopo di ridurre quanto più possibile la pressione garantendo comunque i livelli minimi di servizio all'utenza. Di regola si considera uno standard minimo di 2 bar nel punto più alto del DMA, in corrispondenza del picco della domanda. Naturalmente questa regola ha dovuto essere riconsiderata nel caso degli edifici più alti che fanno conto sulla pressione di rete per far arrivare l'acqua ai serbatoi posti sul tetto. In questi casi il Water Board sovvenziona l'installazione dei serbatoi a terra e di sistemi di sollevamento per pompare l'acqua nei serbatoi posti sul tetto degli edifici, rendendo quindi possibile un'ulteriore riduzione della pressione.

La riduzione della pressione nei DMA è stata messa in atto per un periodo di alcune ore e abbastanza sorprendentemente non ci sono state lamentele da parte degli utenti, ad eccezione di alcuni casi in cui si faceva conto sulla pressione garantita dalle condotte stradali per innaffiare i prati. E' stato spiegato che non si poteva più contare sulla pressione delle condotte stradali per innaffiare i prati ed è stata garantita adeguata assistenza da parte del Water Board per l'installazione di piccoli sistemi di pompaggio per l'irrigazione dei giardini. Le misure di pressione sono state ripetute in ogni DMA dopo la riduzione della pressione per assicurarsi che non vi fossero potenziali problemi e che i livelli minimi di servizio fossero mantenuti.

8.4.1.4 Risultati

Perdite di sottofondo e localizzate

Dopo aver attuato i lavori di ridefinizione dei DMA, sono stati raccolti i dati ed eseguiti i calcoli BABE per determinare le perdite di sottofondo e localizzate in ciascun DMA. Un calcolo simile è stato eseguito dopo aver applicato la riduzione di pressione in ogni DMA. Si deve sottolineare che i valori impiegati come effettivo MNF erano valori misurati sul campo durante un periodo di circa un mese prima ed un mese dopo l'applicazione della riduzione della pressione, così che i valori di portata precedenti e successivi fossero confrontabili e non influenzati dalle variazioni stagionali.

La riduzione della pressione è stata attuata in tutti i DMA senza provare a localizzare e riparare le perdite localizzate in tali DMA. L'applicazione dei riduttori di pressione ha avuto come risultato una riduzione del 38,1% delle perdite di sottofondo ed una riduzione del 38,8% delle perdite localizzate. Vale la pena notare che a causa della riduzione della pressione c'è stata una riduzione immediata del 25% del volume di acqua richiesta per l'intero Settore 2, che significa un risparmio di 220.000 m^3 all'anno, corrispondente a 170.000 euro.

La relazione tra perdite e riduzione della pressione $(L_1/L_0) = (P_1/P_0)^{N1}$ è valida per il calcolo della possibile riduzione delle perdite in un sistema di distribuzione idrica per una determinata riduzione della pressione. L'esponente "N1" è specifico alla rete di distribuzione e dipende dal tipo di materiale di costruzione delle tubazioni. Per stabilire i valori di "N1" per la rete del Water Board sono stati calcolati i rapporti P_1/P_0 e L_1/L_0 e derivato l'esponente "N1" per ciascun DMA. Il rapporto tra le perdite comprende sia le perdite di sottofondo che quelle localizzate.

I valori di "N1" variano da 0,64 a 2,83, con una media di 1,47. Tali valori sono dello stesso ordine di grandezza di quelli riportati in letteratura, relativi ad altre esperienze (Lambert, 2001), il che conferma la validità della relazione perdita/pressione $(L_1/L_0) = (P_1/P_0)^{N1}$. I materiali impiegati per le condutture di tutti i DMA presi in considerazione sono un miscuglio di cemento amianto e uPVC, con tubazioni di derivazione in MDPE.

Frequenza delle nuove rotture

E' stato tenuto un registro delle perdite prima e dopo la riduzione della pressione ed un'analisi di questi dati mostra una riduzione delle perdite sia dalle condotte di distribuzione che dalle derivazioni. I risultati mostrati nella Tabella 18 abbracciano un periodo di sette mesi precedenti la riduzione della pressione e di corrispondenti sette mesi successivi la riduzione della pressione.

Tabella 14. Livello di perdite riportate conseguito

Descrizione	N. di perdite riportate		Riduzione delle perdite
	Prima	Dopo	
Condotte di distribuzione	49	27	45%
Condotte di derivazione	296	178	46%

La media ponderata dei valori della pressione media notturna di zona per il Settore 2 era di 52,5 m prima della riduzione e 35,8 m successivamente. Questo significa che c'è stata una riduzione complessiva della pressione pari al 32%. Quindi, in corrispondenza di una riduzione complessiva della pressione del 32% c'è stata una riduzione globale nelle nuove perdite dalle condutture, dagli accessori e dalle condotte di derivazione pari al 41%, dato comparabile con quello di un caso simile in Australia riportato da Lambert, 2001, in cui una riduzione (della pressione) del 40% in un settore della città ha ridotto la frequenza globale delle nuove perdite dalle condutture, dagli allacciamenti e dagli accessori, in quel settore, pari al 55%. Naturalmente sono molti i fattori che influenzano la frequenza delle rotture nelle condutture, tra cui le condizioni climatiche, i danneggiamenti accidentali, ecc. (Farley and Trow, 2003).

E' stato stimato che, in base alla percentuale di riduzione delle nuove rotture di cui sopra, il Water Board abbia risparmiato, in termini di costi per manodopera e materiali che avrebbe sostenuto per localizzare e riparare queste perdite, circa 100.000 euro all'anno.

8.4.1.5 Conclusioni

L'ente gestore dei servizi idrici (Water Board) di Lemesos gestisce un sistema di approvvigionamento e distribuzione molto ben organizzato, con zone di pressione permanenti e distretti di misura, che costituisce una solida base su cui è stata sviluppata un'efficace politica di controllo delle perdite.

La riprogettazione dei DMA e l'applicazione della riduzione della pressione hanno prodotto risultati favorevoli sia per quanto riguarda le perdite di sottofondo che quelle localizzate, riducendole del 38% circa. Inoltre, la frequenza delle perdite riportate è stata ridotta all'incirca del 41%. La riduzione complessiva della pressione per i quindici DMA presi in considerazione è stata dell'ordine del 32%.

L'obiettivo del Water Board di Lemesos è di ridurre il valore di NRW a circa l'8% del volume immesso nel sistema, che è considerato essere il livello economico delle perdite. Le previsioni del Water Board riguardo la domanda indicano un aumento del 30% circa entro l'anno 2020 e la riduzione delle perdite tenderà ad una compensazione dell'incremento della domanda, oltre che a garantire un notevole risparmio di costi.

8.4.2 Le istruzione per la manutenzione preventiva in relazione alle tempistiche

Le procedure di manutenzione preventiva sono specificate, compresi i tipi di registrazioni relative ai controlli di manutenzione e la documentazione. I Fogli di ispezione utilizzati per il sistema idrico di Lemesos sono riportati in Appendice.

8.4.2.1 Rete di distribuzione

OGNI SEI MESI

Saracinesche di sezionamento

Controllare il funzionamento di tutte le saracinesche sia in posizione di apertura che di chiusura. Dare alle valvole un mezzo giro nella direzione di chiusura quando sono totalmente aperte.

Controllare le perdite dalla guarnizione del mandrino e stringere i bulloni del premistoppa o sostituire le guarnizioni ove necessario.

Scarichi

Controllare il funzionamento di tutte le valvole di scarico aprendole completamente. Controllare che l'acqua scaricata non causi seri disturbi.

Quando l'acqua esce pulita, chiudere la valvola.

Sfiati

Controllare tutte le valvole di sfiato per individuare eventuali perdite e ripararle ove necessario. Chiudere e aprire valvole di intercettazione per verificarne il funzionamento.

Idranti antincendio

Verificare eventuali perdite, a valvola chiusa, e ripararle ove necessario. Controllare il funzionamento della colonna montante e degli accessori aprendo la valvola completamente. Quando l'acqua esce pulita, chiudere la valvola.

Valvole perse

Annotare e determinare la posizione di eventuali valvole "perse" a seguito di rifacimenti del manto stradale o altri lavori. Riportare in superficie o rialzare il chiusino ove necessario.

CON CADENZA ANNUALE

Camere

Tutte le camere vanno ispezionate e pulite, le pareti danneggiate riportate in buono stato e le tubazioni pulite e verniciate. I rivestimenti vanno controllati, puliti e verniciati ove necessario. Le scale di accesso vanno ispezionate per tenere sotto controllo la corrosione e riparate e verniciate ove necessario. Le scale con elevato grado di corrosione vanno sostituite.

PROCEDURE DI REGISTRAZIONE

Reclami degli utenti

Registrare tutti i reclami degli utenti riguardo la qualità dell'acqua e la pressione. Riportare le informazioni su una mappa.

Rotture delle tubazioni

Registrare tutti i dettagli relativi alle rotture delle tubazioni, tra cui:

- Posizione della rottura
- Tipo di condotta
- Tipologia di rottura, ad esempio:
  - fessurazione longitudinale
  - fessurazione lungo la circonferenza
  - fuoriuscite puntuali
  - corrosione
  - guarnizioni di gomma danneggiate
- Stato dell'interno della tubazione, indicando la presenza di:
  - fango
  - altri depositi
  - corrosione
- Tipo di riparazione

SERBATOI DI SERVIZIO

Ispezione esterna (ogni tre mesi)

Controllare tutti i terrapieni alla ricerca di segni di movimenti insoliti o rotture. L'erba sulle scarpate e altre aree va tenuta tagliata corta per facilitare l'ispezione visiva. Qualsiasi sospetto di movimento o la presenza di umidità ai piedi del rilevato va segnalata al tecnico Ingegnere, che può disporre un'ispezione più accurata.

Verificare la presenza di segni di umidità o deposito di sedimenti alla base delle pareti esposte del serbatoio e riferire al tecnico Ingegnere.

Controllare lo stato delle pareti esposte del serbatoio per individuare eventuali crepe o deterioramento del calcestruzzo visibili.

Controllare lo stato di tutti i rivestimenti per assicurare che questi siano ben raccordati per evitare l'ingresso di sporcizia, animali e qualsiasi forma di inquinamento. I rivestimenti vanno ispezionati facendo attenzione ai segni di corrosione, in particolare all'interno, e vanno puliti e verniciati ove necessario.

Controllare tutte le aerazioni e assicurarsi che le zanzariere siano integre e che siano ben pulite e libere da terra e vegetazione.

Controllare tutte le camere di manovra e assicurarsi che siano asciutte e che tutte le apparecchiature elettriche/elettroniche all'interno delle stesse siano pulite e prive di eccessiva umidità e sporcizia.

Ispezione interna (annuale)

Il serbatoio va portato al livello minimo assecondando la domanda da parte dell'utenza, quindi va svuotato attraverso la tubazione di scarico. I dispositivi di aerazione vanno lasciati aperti per aerare adeguatamente l'ambiente prima di entrare nel serbatoio.

Controllare, utilizzando un'illuminazione adeguata, le pareti, il pavimento e la copertura per individuare eventuali fessurazioni e segni di infiltrazione dall'esterno. Controllare tutte le opere in calcestruzzo per individuare cedimenti strutturali. Tutte queste informazioni vanno riportate sui disegni relativi alla costruzione per essere analizzate da parte dell'Ingegnere.

Controllare tutte le parti in ferro ed in particolare le scale di accesso alla ricerca di segni di corrosione e pulirle e ripararle ove necessario.

Annotare la posizione, la quantità e il tipo dei depositi sul fondo del serbatoio. Pulire le pareti e il pavimento del serbatoio con acqua pulita e quindi sterilizzarlo con acqua clorata con una concentrazione di 20 mg/l di cloro libero residuo. Durante questa procedura tutto il personale deve indossare stivali di gomma.

Camere di manovra (mensilmente)

Aprire tutte le camere di manovra e controllarne dalla superficie lo stato, in particolare il livello dell'acqua eventualmente presente sul fondo. L'acqua in eccesso va pompata fuori e va determinata la causa della presenza di quell'acqua. Se il fenomeno è dovuto alla condensa dovrà essere assicurata una ventilazione maggiore. Se è dovuto a delle perdite lungo le condotte, allora dovrà essere identificata la causa e si dovrà procedere alle necessarie riparazioni.

Camere di manovra (annualmente)

Tutte le camere di manovra vanno ispezionate accuratamente, liberate dall'acqua ove necessario ed asciugate e pulite minuziosamente. Tutte le parti in ferro vanno pulite e verniciate con vernice nera bituminosa. Va controllato il funzionamento dei rubinetti di prelievo dal livello più basso del serbatoio. I rivestimenti vanno puliti e verniciati ove necessario. Tutte le apparecchiature elettroniche vanno controllate e, se l'atmosfera risultasse non adatta anche dopo la ventilazione, allora tali apparecchiature dovranno essere trasferite in una cassetta a tenuta stagna fuori dalla camera.

POMPE DI SOLLEVAMENTO

Ogni giorno

- Procedere ad un controllo visivo dell'unità di pompaggio ed annotare qualsiasi vibrazione o rumore insolito.
- Controllare il corpo della pompa per individuare eventuali perdite eccessive. Dovrebbe essere presente solo l'acqua sufficiente per lubrificare i cuscinetti. Modificare le regolazioni come necessario per mantenere una leggera perdita.
- Controllare l'uscita e i rendimenti delle unità pompa / motore
- Controllare la temperatura dei cuscinetti della pompa e del motore
- Controllare il livello dell'olio nella sede dei cuscinetti. Questo deve essere mantenuto al livello indicato dalla spia. Non eccedere tale livello.

Ogni 4 mesi

- Controllare i cuscinetti lubrificati a grasso per evitare la saponificazione.

Ogni 6 mesi

- Controllare il corpo della pompa e sostituirlo ove necessario
- Controllare l'albero o le ghiere dell'albero per prevenirne l'eccessiva usura.
- Verificare l'allineamento di pompa e motore.
- Controllare che i bulloni di tenuta siano ben stretti.
- Controllare l'usura dei giunti.
- Controllare il livello dell'acqua nelle diverse spie
- Verificare il rendimento della pompa registrando:
  - la portata di mandata e la prevalenza
  - la tensione e l'assorbimento di corrente
- Registrare le letture orarie del contatore

Ogni anno

- Cambiare l'olio
- Verificare l'usura degli elementi rotanti
- Verificare l'usura delle guarnizioni
- Controllare e lubrificare i cuscinetti

POZZI

Ogni tre mesi

- Controllare il prelievo da ciascuna perforazione (la differenza tra il livello statico dell'acqua e quello dinamico).
- Verificare i livelli effettivi dell'acqua, confrontarli con le indicazioni del sistema SCADA e regolare i segnali ove necessario.
- Controllare il funzionamento di tutte le valvole e lo stato delle guarnizioni.

A seconda della necessità

- Quando la pompa viene estratta per la manutenzione, controllare che la tubazione di risalita non sia corrosa e ripararla ove necessario

CLORAZIONE

Ogni tre mesi

- Controllare che l'intero sistema non presenti perdite d'acqua e ripararle ove necessario. Notare che le perdite vanno eliminate non appena vengono scoperte.
- Controllare che l'intero sistema non presenti perdite di gas e ripararle ove necessario. Notare che le perdite vanno eliminate non appena vengono scoperte.
- Controllare i collegamenti flessibili nel sistema di fornitura del gas alla ricerca di segni di deterioramento, rinnovarli ove necessario e ricoprirli con grasso siliconato.
- Pulire il misuratore di portata e i dispositivi dosatore e di iniezione.
- Controllare e ri-calibrare secondo le necessità il misuratore di cloro residuo e registrare le letture e le regolazioni
- Rimuovere e pulire gli elementi rimovibili dal filtro della cella di misurazione all'interno della linea di alimentazione
- Controllare le condizioni delle valvole di sfiato
- Esaminare l'installazione e relazionare sulle condizioni rilevate
- Controllare il funzionamento delle valvole di commutazione cilindriche, delle spie luminose e del sistema di riscaldamento
- Verificare il funzionamento dei rilevatori di cloro gassoso: estrarre il sistema, le batterie e il rilevatore elettrolitico, le luci e il campanello.

- Controllare il funzionamento della pompetta dell'analizzatore del cloro residuo, lo stato dei cuscinetti e delle guarnizioni e pulire i filtri analizzatori e i filtri principali.

Ogni anno

- Sostituire tutti i collegamenti flessibili nel sistema di fornitura del gas anche se non mostrano segni di deterioramento.
- Sostituire i tubicini flessibili di gomma anche se non presentano segni di deterioramento.
- Controllare il funzionamento degli iniettori.
- Controllare il funzionamento delle valvole.

Ogni due anni

- Smontare l'unità di controllo del gas, pulire tutte le tubazioni e i componenti seguendo le istruzioni fornite dal produttore.

8.5 Bibliografia

Bardet, J.P., Ballantyne, D., Bell, G.E.C., Donnellan, A., Foster, S., Fu, T.S., List, J., Little, R.G., O'Rourke, T.D., and Palmer, M.C. (2010), Expert Review of Water System Pipeline Breaks in the City of Los Angeles during Summer 2009, Report to the Steering Committee on Water Pipeline Breaks of the City of Los Angeles, University of Southern California

Ben-Akiva, M., Humplick, F., Madanat, S., and Ramaswamy, R. (1993), "Infrastructure

Eguchi, R. T and Chung, R. M. (1995), "Performance of Lifelines During the January 17, 1994 Northridge Earthquake", TCLEE Monograph No.6, M. J. O'Rourke, Ed., ASCE, New York, NY, pp. 120-127.

Goodman, L. and Burnie, G. (2011), "Guidelines For Successful LDC Pipe Replacement Programs", January 2011 Vol. 238 No. 1

Haimes, Y.Y. (1991), "Total Risk Management," *Risk Analysis*, 11(2):169–71.

Kaplan, S. and Garrick, B.J. (1981), "On the Quantitative Assessment of Risk," *Risk Analysis*1(1):11–27.

Labay, J., (2010), http://www.waterworld.com/index/display/article-display/366824/articles-/waterworld/volume-25/issue-8/departments/automation-technology/geospatial-software-helps-la-water-system-go-digital.html).

LADWP (2011), "LADWP Quick Facts and Figures 2011," February 2011, http://www.ladwp.com/ladwp/cms/ladwp000509.jsp

Lund, L. (1995), "Water Systems", TCLEE Monograph No. 8, A. J. Schiff, Ed., ASCE, New York, NY, Aug., pp. 96-131.
Management Under Uncertainty: Latent Performance Approach", *Journal of Transportation Engineering*, 119 (1): 43-58.

Mavrakis, G. (2003), "Evaluating Condition of Water Facilities Using Predictive Life Cycles." Presented at Distribution System Infrastructure Integrity Workshop. April 3-4. Fort Collins, CO: Colorado State University.

NRC (1995), Measuring and Improving Infrastructure Performance. Washington, D.C.: National Academy Press.

O'Rourke, T. D.; Toprak, S., (1997), "GIS assessment of water supply damage from the Northridge earthquake", In: J. D. Frost (ed.), Geotechnical Special Publication, ASCE, New York, NY, pp. 117–131.

Toprak, S., (1998), "Earthquake Effects on Buried Lifeline Systems", PhD Thesis. Cornell University, Ithaca, NY.

Toprak, S.; Taskin, F., (2007), "Estimation of earthquake damage to buried pipelines caused by ground shaking", Natural Hazards, 40:1–24.

Toprak, S.; Taşkın, F.; Koç, A. C., (2009), "Prediction Of Earthquake Damage To Urban Water Distribution Systems: A Case Study For Denizli, Turkey", The Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 68:499-510.
UBM-SNS Partnership (2007), "Improvement of Water Network, Installation of Scada System, Preparation of Tender Documents and Consulting Services for Supervision of Construction (DEN C2)", Final Design Report,October 2007.

APPENDICE:

Fogli di ispezione utilizzati per il sistema idrico di Lemesos

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : DISTRIBUTION NETWORK:
SLUICE VALVES

SV No	Street	Map page	Open (C/A)	Check	Date	Init

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : DISTRIBUTION NETWORK:
WASHOUT VALVES

WO No	Street	Map page	Open (C/A)	Check	Date	Init

SCHEDULE OF DEFECTS AND REPAIRS

Date	Defect	Init	Date	Remedial Action	Init

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : DISTRIBUTION NETWORK : DISTRICT METER CHAMBERS

District	Date	Clean	Pipework	Covers	Ladder	Init

DISTRIBUTION NETWORK : PIPE FAILURE AND REPAIR LOG

1. Date	
2. Location of failure with sketch	
3. Type of pipe	
4. Pipe diameter	
5. Method of failure with sketch	
6. State of pipe	
7. Type of repair with sketch	
8. Remarks	

Notes

2. Location sketch should be sufficient to locate the failure within one metre

5. Method of failure examples
   - longitudinal crack - top/bottom
   - circumferential crack _ top/bottom/complete
   - local blow out
   - corrosion of saddle/pipe
   - joint failure/rubber ring

6. To include
   - condition of pipe interior, deposits, slime, corrosion products
   - condition of pipe exterior, corrosion, damaged
   - type of ground conditions, clayey, sandy, wet

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : RESERVOIR SITES

RESERVOIR..... PERIOD.....

Description	Action
Reservoir	
Walls	
Columns	
Ladders	
Valves	
Covers	
Embankments	
Seepage	
Distribution Structure	
Walls	
Ladders	
Covers	
Valves	
Reservoir Area	
Chamber	
Chamber	
Chamber	
Chamber	
Other	

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : HIGH LIFT PUMPS : SHEET 1

Pumping Station..... Date.....

Pump No..... Period.....

Description	Check	Readings	Remarks
Every 4 months 7. Saponification			
Every 6 Months 8. Check packing			
9. Scores/shaft/sleeve			
10. Shaft alignment			
11. Holding down bolts			
12. Coupling wear			
13. Surge vessel. H		mm	
14. Pump : delivery voltage current		m3/h V A1 A2 A3	
15. Hour meter		h	
Every year 16. Change oil			
17. Rotating parts. wear			
18. Wear ring clearance			
19. Clean,greaze bearings			

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : HIGH LIFT PUMPS : SHEET 2

Pumping Station..... Date.....

Pump No..... Period.....

Description	Check	Readings	Remarks
Every 3 000 hours 20. High speed pumps. Grease bearings			
21. Low speed pumps. Grease bearings			
Every 10 000 hours 22. Remove bearings. clean. regrease			
Every 15 000 hours 23. High speed pumps. Change bearings			
Every 40 000 hours 24. Low speed pumps. Change bearings			

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : BOREHOLES

BOREHOLE NO..... DATE.....

Item	Quarter 1	Quarter 2	Quarter 3	Quarter 4
Date				
Static WL (m) Scada				
Dynamic WL (m) SCADA				
Drawdown (m)				
Level X (m)				
Depth to WL (m)				
Static WL actual (m)				
Line valve				
Washout valve				
Air valve upstream				
Air valve downstream				
Gate				
Other				
Other				

INSPECTION AND MAINTENANCE LOG : CHLORINATION

PERIOD.....

Description	Check	Remarks
Every Three Months		
1 Water leaks		
2 Gas leaks		
3 Flexible connections		
4 Flow meter and injector		
5 Residual recorder controller		
6 Measuring cell strainer		
7 Vacuum PRV		
8 Installation		
9 Cylinder changeover valves		
10 Gas detector		
11 Analyser pump		
Every Year		
12 Replace flexible connections		
13 Replace rubber solution hoses		
14 Injector		
15 Motive water valves		
Every two years		
16 Gas control unit		